

UNIVERSITE DU QUEBEC

MEMOIRE

PRESENTE A

L'UNIVERSITE DU QUEBEC A TROIS-RIVIERES

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAITRISE EN PSYCHOLOGIE

PAR

MARYSE AUDET

COMPARAISON ENTRE DEUX TECHNIQUES DE MESURE
DES MOUVEMENTS OCULAIRES, DANS UN TEST DE
LECTURE CHEZ DES ENFANTS DYSLEXIQUES.

JUILLET 1987

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

Table des matières

Introduction.....	2
Chapitre premier - Contexte théorique et expérimental.....	6
Définition.....	7
Troubles associés.....	7
Fautes spécifiques.....	14
Evolution.....	17
Etiologie.....	18
Théories affectives.....	19
Théories d'apprentissage.....	21
Théories physiologiques.....	22
Etudes des saccades oculaires.....	29
Formulation des hypothèses.....	30
Chapitre II - Description de l'expérience.....	34
Sujets.....	35
L'équipement.....	37
Description du test.....	41
Déroulement de l'expérience.....	43
Tâche du sujet.....	44
Consigne.....	45
Description des mouvements oculaires mesurés.....	46

Chapitre III - Analyse des résultats.....	48
Méthode d'analyse.....	49
Résultats.....	52
Comparaison E.O.G. - I.R.....	52
Comparaison normaux - dyslexiques.....	58
 Chapitre IV - Discussion des résultats.....	84
 Conclusion.....	98
 Appendice A - Résultats du test de l'Alouette chez les dyslexiques.....	106
 Appendice B - Exemple du tracé d'un sujet dyslexique et d'un sujet normal.....	111
 Appendice C - Les résultats obtenus par le groupe Bergeron et Al.	113
 Remerciements.....	117
 Références.....	118

SOMMAIRE

Ce travail présente une comparaison entre deux techniques de mesure des mouvements oculaires : soit l'électro-oculogramme et les lunettes à cellules photo-électriques à infra-rouge, en situation de lecture. Nous désirions également savoir s'il était possible de discriminer un groupe de sujets dyslexiques d'un groupe contrôle par les tracés des mouvements oculaires.

La connaissance des avantages et des inconvénients des méthodes d'expérimentation est importante dans un test de lecture, particulièrement lorsque les sujets en expérimentation produisent des saccades de petites dimensions comme celles de sujets dyslexiques. L'inadéquation d'un instrument de mesure, dans cette situation particulière, pourrait aller jusqu'à faire disparaître les caractéristiques distinguant les groupes. Nous constatons que la méthode utilisant les cellules photo-électriques à infra-rouge semble constituer une meilleure technique de mesure en situation de lecture à cause de la

précision des tracés en comparaison de la présence accentuée du bruit de fond sur l'enregistrement effectué à l'aide de l'électro-oculogramme.

Cette étude fut effectuée avec l'aide de quatre sujets dyslexiques et quatre sujets contrôles âgés entre 9 et 13 ans. Ils lisaient le test de l'Alouette. On enregistrait leurs mouvements oculaires au moyen des deux méthodes décrites plus haut, en immobilisant la tête. Nos résultats indiquent des différences significatives entre les groupes. Les dyslexiques produisent plus de saccades. Leurs saccades de progressions sont plus petites et ils produisent plus de régressions que les sujets du groupe contrôle. De même, leurs tracés sont irréguliers, tandis que ceux des sujets normaux sont en forme d'escalier.

Introduction

Dès 1877, Kussmaul décrit une "perte pathologique de la capacité d'apprendre à lire" qu'il nomme "cécité verbale ou alexie" p.3. Berkhan (1881), donne une description du trouble : "L'enfant qui ne parvient pas à lire dans les délais de la scolarité normale"p.3.

Kerr (1897) mentionne, le premier, une incapacité spécifique à lire. Dans la même année, un médecin scolaire Morgan s'intéressait à l'incapacité spécifique à lire.

Déjà en 1891 Dejerine, puis Hinshelwood en 1917 associaient les difficultés de la dyslexie à un problème physiologique en rapport avec le cerveau. Cependant, on devra attendre jusqu'en 1950 pour que Roudinesco , Trelat et Hallgreen désignent une série de problèmes relatifs à l'écriture sous le nom de dyslexie.

Les docteurs Debray-Ritzen et Debray (1979) nous donnent une définition de la dyslexie telle qu'elle est détectée aujourd'hui et dont nous nous sommes servis ;
il s'agirait d'une :

difficulté durable d'apprentissage de la
lecture et d'acquisition de son
automatisme chez des enfants normalement

scolarisés, indemmes de troubles sensoriels.

La World Federation of Neurology ajoute que l'enfant doit également avoir eu de bonnes opportunités socio-culturelles. Les auteurs sont loin de s'accorder au sujet des causes de la dyslexie. On l'attribue tantôt à une détérioration du Moi, tantôt à un traumatisme dans la petite enfance. On donne également des raisons d'ordre évolutif. On pense même à une étiologie de type héréditaire. De plus, les causes innées ou acquises sont vérifiables chez certaines personnes et ne le sont pas chez d'autres.

La dyslexie est un trouble très répandu que l'on estime atteindre un enfant sur dix. Pour diagnostiquer un dyslexique, on administre un test de lecture. Si l'âge de lecture de l'enfant est de plus de deux ans inférieur à son âge chronologique, on estime que celui-ci est atteint de dyslexie.

Par les tests et l'observation clinique, nous remarquons, conformément à la littérature qu'un nombre important de dyslexiques présentent des troubles associés déjà présents avant l'école primaire : une mauvaise perception de son schéma corporel, des troubles moteurs, des problèmes de latéralité et de structuration spatio-temporelle, on note

souvent un certain manque de rythme. Il faut également garder à l'esprit que tous les dyslexiques n'éprouvent pas nécessairement les mêmes difficultés et tous les troubles associés. L'importance de chaque trouble, incluant la lecture et l'écriture, varie énormément d'une personne à l'autre. Si on pouvait dépister et traiter l'ensemble des perturbations avant l'école primaire, on éviterait à l'enfant un grand nombre de problèmes à tous les niveaux et on éliminerait une partie des difficultés lors de son apprentissage de l'écriture et de la lecture.

D'après Piat-Baudot (1976) les dyslexiques se caractérisent par une grande instabilité oculaire dans les épreuves de lecture et également dans celles ne faisant pas appel à du matériel linguistique. Si nous pouvions établir une différence significative entre les mesures obtenues au niveau des mouvements oculaires recueillis chez les dyslexiques et les sujets normaux, comme l'indiquent les rapports de Pavlidis (1978, 1979, 1981 a, 1981 b, 1983), on pourrait penser à établir une forme de diagnostic précoce et intervenir avant l'entrée à l'école des enfants. Afin d'établir ces mesures, nous envisageons de comparer deux méthodes de mesures des mouvements oculaires, celle de l'électro-oculogramme et celle des cellules photo-électriques à infra-rouge. Nous désirons comparer ces deux méthodes dans le but de rendre possible le choix éclairé

de l'une d'elles, en fonction des avantages et des inconvénients de chacune et de déterminer laquelle est la plus efficace pour notre étude.

Chapitre I

Contexte théorique et expérimental

Définition

La World Federation of Neurology définit la dyslexie comme étant un désordre qui se manifeste par une difficulté d'apprentissage de la lecture en dépit d'une éducation conventionnelle, d'une intelligence adéquate et de bonnes opportunités socio- culturelles.

Troubles associés

La personne dyslexique éprouve à divers degrés et quel que soit son âge, des difficultés d'orientation spatiale, de motricité, de latéralité, de structuration spatiale et visuo-motrice, de rythme et de structuration du temps et du schéma corporel (Leunen 1982, Noël 1976, Plantier 1981). Nous croyons que tous ces problèmes ont nécessairement des répercussions sur l'affectivité et la personnalité.

La dyslexie apparente qu'on décrira plus tard, n'est qu'un symptôme du trouble. La lecture et l'écriture sont des activités dynamiques, comme tous les autres apprentissages, elles sont basées sur l'organisation du schéma corporel.

Le schéma corporel.

Un dyslexique n'a pas une bonne prise de conscience de son corps. Il a de la difficulté à en repérer les différentes parties. Il éprouve également des difficultés de coordination.

Le schéma corporel, base indispensable des acquisitions motrices, se constitue en fonction de la maturation du système nerveux, de l'univers même dans lequel les mouvements ont à se développer, de l'affectivité de son univers et de la représentation que l'enfant se fait de lui-même, des objets, du monde qui l'entoure. Or on sait déjà que cet enfant éprouve des difficultés affectives d'ambivalence dans ses perceptions. Au niveau de la lecture, les lettres ne sont reconnues et différenciées que si on peut en analyser la structure. Cette structuration est acquise grâce au schéma corporel de l'individu (De Maistre 1974).

La structuration spatiale et visuo-motrice.

Il est artificiel de séparer les acquisitions, car elles sont toutes étroitement inter-reliées. Ainsi, la perturbation de la conscience du corps est généralement associée à un trouble de reconnaissance des mouvements et de localisation des objets. On constate souvent que les enfants en bas âge nomment des images en les regardant dans n'importe quel

sens, pour eux l'espace est vécu, non pas représentatif. Le dyslexique éprouve de la difficulté à mesurer l'espace relatif des choses.

La motricité.

Le dyslexique éprouve également des troubles de la motricité, encore une fois très variables en intensité d'un individu à l'autre. Il a une écriture malhabile et peu lisible. Certains dyslexiques sont et restent maladroits dans leurs gestes, leurs actions. Ils affichent un certain manque de coordination tout au long de leur vie.

La latéralité.

Ils présentent également des problèmes de latéralité. Bien que celle-ci ne suffise pas pour orienter l'univers vécu, elle en est un grand tributaire. Par exemple :

La main comme l'oeil ont une double innervation motrice et sensorielle. Tout désaccord de sensibilité-motricité est source de complications et de perturbations du schéma corporel, donc de dysharmonie oeil, main. (Dolle, 1976, p.249)

Il en résulte souvent une latéralité croisée : gaucher de la main et droitier de l'oeil. On remarque que la plupart des

dyslexiques éprouvent une incertitude quant à la direction suivant laquelle il faut explorer du regard un graphisme comprenant des séries de lettres et de mots, (Launay, 1960).

De plus, le dyslexique éprouve souvent des difficultés à différencier sa gauche de sa droite. Sa coordination et son habilité à prévoir les directions des objets en mouvement sont inadéquats.

Enfin, P. Leunen (1982) a remarqué que le dyslexique est souvent gaucher avec une latéralité fortement croisée : ce qui contribue en partie seulement, à l'ambiguïté dans laquelle vit continuellement le dyslexique.

La structuration spatiotemporelle.

Mucchielli et Bourcier (1971) décrivent la structuration spatiotemporelle comme la décomposition des opérations spontanées de l'orientation, le contrôle des relations objectives entre les directions, l'analyse des points de repères et la possibilité d'en prendre arbitrairement, sans se désorienter.

Pour déchiffrer l'écrit, Gelbert (1963) souligne que l'enfant doit nécessairement comprendre l'importance de faire coïncider l'ordre de succession des mots et des lettres dans l'espace et dans le temps.

Le dyslexique qui éprouve des difficultés du schéma corporel, de latéralité et de structuration spatio-temporelle arrive difficilement, sur le plan perceptif, à distinguer du tout, les parties et leurs inter-relations. Sa perception oscille entre une vision globale et l'attention aux détails. Même dans la vision globale, l'ensemble n'est pas saisi comme une organisation de parties. La perception des détails n'est pas analytique parce que le détail est extrait de l'ensemble et isolé des autres composantes (Mucchielli et Bourcier, 1971). Les raisonnements, les phénomènes affectifs, de perception ou d'action fonctionnent tous sur le même mode; comme des parties isolées et incompréhensibles parce qu'isolées.

Le dyslexique a donc peu de chance de prendre sa distance par rapport à l'objet qui rend possible la perception des parties entre elles (Mucchielli et Bourcier, 1971).

Le dyslexique qui lit voit chaque mot comme un tout. La signification qu'il donne à un mot n'est pas nécessairement rattachable à une phrase ou un texte.

Le rythme

Chez certains dyslexiques, on note également un certain manque de sens du rythme. Ce qui est compréhensible, vu la difficulté spatio-temporelle. Certains reproduisent mal, ou de façon déformée les ensembles rythmiques. Ou simplement, ils

ne se situent pas bien dans leurs rythmes de vie. Ce problème se répercutera de façon particulière sur la capacité de lecture, entravant les pauses , les arrêts et le rythme de lecture global.

Egalement, une grande proportion des dyslexiques éprouvent des difficultés de prononciation, ce qui constitue une difficulté supplémentaire au niveau de la communication.

On peut conclure en disant que chez l'enfant dyslexique, on assiste à une désorientation massive, à une perception floue du monde et à une détérioration de la personnalité de l'enfant au niveau de sa relation avec le monde, les gens, les événements et l'espace. Cet enfant vit la majorité des situations de façon ambiguë, tout cela en regard de ce que nous nommons les troubles associés.

Difficultés usuelles.

Voici une description des difficultés usuelles des dyslexiques empruntée à Roger Muccielli et Arlette Bourcier (1971). D'abord, ces difficultés sont le résultat généralisé des troubles associés. Les rapports sujets-objets sont relativement stables, par contre les rapports spatiaux sont

mouvants. Il en résulte que pour le dyslexique, les positions des objets dans l'espace ou dans le temps sont incertaines, par exemple, le dyslexique éprouvera une difficulté importante à évaluer la trajectoire d'une balle au tennis.

Comme Mucchielli et Bourcier (1971), nous constatons que chez les dyslexiques, les formes sont assez bien perçues, mais pas leurs orientations, ni leurs sens. Cette absence de perception spatiale empêche le dyslexique de différencier des formes semblables à orientation différentes. Il sera dans l'impossibilité de discerner le b d q p. Il n'y a pas de valeur référence. Le sujet est prisonnier dans l'instant présent sans possibilité de référer au mot précédent ou de prévoir la signification du mot suivant.

Le sujet attend d'autrui et du hasard, le fil conducteur qui l'aidera à atteindre ses buts, en lecture comme ailleurs. Il ne trouve pas, en lui-même, l'assurance dont il a besoin. Il perd confiance en ses moyens.

Les gestes et l'expression orale du dyslexique sont troublés. La stabilisation de ses valeurs est impossible car il n'existe pas de repère affectif à cause d'un schéma corporel flou. La stabilité du permis, du défendu et de l'obligatoire est inexistante à cause de l'absence de positif ou de négatif décelable : tout devient indiscernable, que ce soit la

répartition des rôles entre père et mère et leurs stabilités, ou le potentiel des investissements affectifs. A cause de l'instabilité de ses perceptions, le dyslexique ne peut rien entreprendre qui ait une longue portée.

Faisant suite à une description sommaire des difficultés éprouvées par le dyslexique, nous traiterons maintenant des fautes spécifiques à la lecture.

Fautes spécifiques.

Comme Lefavrais (1967) et Leunen (1982), nous avons constatés la présence de dix fautes spécifiques principales lors des épreuves de lecture chez les dyslexiques.

- visuelles : l'enfant prendra des d pour des b, des m pour des n et des u pour des n.

- auditives: Il confond les t et les d, les ch et les j, les p et b. Ces lettres confondues sont dénommées sourdes ou sonores, elles se ressemblent parce qu'elles se prononcent de la même façon, avec la vibration de la gorge en plus pour les lettres sonores :

consonnes sourdes : p-t-k-f-s-ch

| | | | |

consonnes sonores : b-d-g-v-z-j

Les confusions se font surtout entre les consonnes sourdes et les consonnes sonores correspondantes.

- entre les lettres d'une même famille, dont la prononciation a quelque ressemblance (exemple: asserter pour acheter)
- par omissions de lettres (exemple: accocher pour accrocher)
- par additions de lettre (exemple: carmarade pour camarade)
- par inversions de lettres (exemple: cranaval pour carnaval)
- par suppressions de syllabes lorsque l'enfant raccourcit un mot.
- par contaminations de lettres : l'enfant voit une lettre au début ou à la fin du mot et il la répète par contamination : il lit pa, se souvient du p et le replace dans la syllabe suivante : papier au lieu de palier
- par substitution d'un mot par un autre mot analogue, selon une similitude graphique ou selon le sens de la phrase

une pomme au lieu d'une pompe)

- l'enfant fait une lecture fantaisiste à partir de la première syllabe lue ou selon un schéma qui lui paraît plus familier, il lit (exemple: partie au lieu de patrie)

- il saute une ligne complète, à cause de la distance à parcourir (de droite à gauche)

Chez la majorité des enfants on rencontre, au début de leurs apprentissages, plusieurs des erreurs énumérées plus haut. Cependant, seuls les dyslexiques persistent à confondre, mélanger ou hésiter en voyant une lettre ou un groupe de lettres.

Le dyslexique organise mal sa lecture, il répète une syllabe déjà lue, il revient régulièrement en arrière. Il ne fait pas ou fait mal ses liaisons et pendant le temps qu'il consacre à identifier un mot de 5 ou 6 lettres, il oublie celui qu'il a lu avant. Il oublie généralement la ponctuation, ce qui fait que les phrases ordinaires, interrogatives ou exclamatives sont toutes lues sur le même ton. Il ne fait des coupures dans ses phrases que quand il a besoin de respirer. Toutes ces fautes nuisent à la compréhension de la lecture. Pour réussir à raconter sa lecture, l'enfant brode autour des mots qu'il a

compris, ce qui lui nuit dans toutes ses matières, même dans les mathématiques parce qu'une compréhension correcte de la lecture d'un problème est nécessaire pour obtenir une bonne réponse.

Le dyslexique dépasse difficilement le stade du déchiffrage et n'accède que péniblement à la lecture expressive. Les enfants plus vieux, environ vers leur treizième année, qui ont réussi à surmonter les confusions, les inversions et qui ont établi des mécanismes de compensation, restent généralement des lecteurs lents, souvent démunis d'automatismes de lecture, d'expression et de rythme.

Diagnostic :

Afin de diagnostiquer un dyslexique, on administre au sujet différents tests dont un test de lecture. Si l'âge de lecture du sujet est inférieur à plus de deux ans de différence comparativement à son âge chronologique, on le considère comme un dyslexique.

Evolution :

Si un dyslexique est laissé sans traitement, il n'a, à la fin de sa première année, appris ni à lire, ni à écrire.

Il possède un langage oral peu structuré et une mauvaise prononciation. Il est sûrement placé en classe de récupération ou de maturation.

Vers neuf ou dix ans, il est encore au niveau du déchiffrage de la lecture. Son orthographe est catastrophique, il lit de façon cahotique, très lentement et il a une faible compréhension de ses textes. Dans l'ancien système scolaire, à cet âge, il aurait déjà doublé une ou deux années.

Vers douze ans, il est devenu définitivement un mauvais élève. Même s'il finit l'école primaire à un âge relativement normal, la lecture reste pénible et détestée.

Etiologie :

L'origine de la dyslexie est loin de faire l'unanimité chez les spécialistes.

Certains auteurs basent leurs recherches sur des troubles affectifs rencontrés chez un grand nombre de dyslexiques. D'autres s'occupent des bases neurologiques des fonctions symboliques, ils se préoccupent des gnosies et des praxies. Mais il semble difficile de déterminer si ces problèmes sont les causes ou les conséquences de la dyslexie. Il existe, enfin, un certain nombre de chercheurs qui se préoccupent de la possibilité de causes purement physiologiques de cette

difficulté qu'est la dyslexie. Cependant, jusqu'à maintenant, aucun trouble organique n'a pu être définitivement relié à la dyslexie.

Théories affectives

Chassagny (1972) croit que c'est surtout la première relation mère-enfant qui a été perturbée, il croit que la mère devait peu ou mal parler à son enfant. Il pense que l'enfant a dû manquer d'affection au début de son existence, soit à cause d'un séjour prolongé à l'hôpital, ou d'une absence de la mère. Chassigny dit que la communication et le langage sont porteurs d'un sens. Le dyslexique, ne s'adaptant pas au langage, il reste bloqué, il ne peut communiquer.

Muccielli et Bourcier (1971) sont d'accord avec Chassagny (1972), ils ajoutent cependant que des troubles d'alimentation dans les premiers mois de la vie, une mère surprotectrice, une image angoissante du père ainsi qu'une difficulté d'identification au parent du même sexe, peuvent être autant de facteurs à la base de la dyslexie.

Enfin, d'autres encore comme Tajsan et Volard (1971) pensent que la dyslexie représente un refus de progresser de la

part de l'enfant, à cause des perturbations de la vie actuelle. Le manque de sécurisation, le rythme de vie entraîne la non-disponibilité des parents. Les héros inabordables écrasent les faibles (donc les petits) et sont inégalables. Tout ceci apprend à l'enfant que sa seule solution réside dans l'échappée dans le rêve, hors de l'école, hors de tout.

Monsieur Mucchielli et Madame Bourcier (1971) en donnent également une explication psychogénétique :

" La dyslexie est la manifestation d'une perturbation dans la Relation du Moi et de l'univers, perturbation qui a envahi sélectivement les domaines de l'expression et de la communication. La Relation du Moi à son univers s'est construite sur le mode de l'ambiguïté et de l'instabilité, ce qui bloque le passage à l'intelligence analytique, et, par là, au symbolisme"p.88.

Nous notons, cependant, en accord avec Monsieur Debray-Ritzen (1981) que quatre fois sur cinq les désordres affectifs et les désordres comportementaux apparaissent postérieurement à l'apprentissage de la lecture.

Les enfants qui éprouvent de grandes difficultés de lecture acquièrent certainement des problèmes de personnalité, ne mentionnons que l'auto-dépréciation, ou l'anxiété toujours présente chez le dyslexique, même lorsqu'il était tout petit. Il est un enfant isolé, solitaire, peu épanoui, il donne

rarement son avis, il accumule les fautes donc les punitions, il est devant une situation d'échec généralisé. Orton (1937), Hallgreen (1950) parmi d'autres pensent que les problèmes comportementaux et psychologiques sont en général le produit de cette situation d'échec généralisée mise en place par les multiples problèmes qu'occasionnent la dyslexie et non l'inverse.

Théories d'apprentissage

Nous verrons ici que plusieurs auteurs croient que la dyslexie est une problématique acquise durant l'apprentissage de la lecture et de l'écriture.

La théorie du "Délai développemental" de Ross (1973) en regard de l'attention sélective explique la dyslexie par le fait qu'ayant perdu (d'une quelconque façon) les premières explications sur la lecture et l'écriture, l'enfant dont le niveau d'attention est redevenu normal ne peut rattrapper les autres. La dyslexie résulterait de cette situation qui perdurerait. Nous notons, de même que Debray-Ritzen (1981) que l'enfant dyslexique éprouve effectivement des problèmes d'attention : Cependant, ces problèmes sont le produit de la difficulté éprouvée lors de l'apprentissage de la lecture et non le contraire.

Un corolaire dit que plus l'habilité du maître est grande à personnaliser le programme pour chaque étudiant, moins il y aura d'enfants dyslexiques dans sa classe. On imputerait donc la dyslexie à une méthode d'apprentissage de la lecture médiocre. Debray-Ritzen (1981) nous dit que la dyslexie apparaît quelque soit la méthode d'apprentissage ou le professeur.

Théories physiologiques

La constellation des déficits comportementaux a d'importantes conséquences pour la compréhension du syndrome de la dyslexie. Elle indique que le problème de la dyslexie n'est pas limité à la lecture ou au langage écrit, mais qu'il reflète une combinaison subtile qui s'étend à d'importants processus cognitifs précédemment énumérés.

La plupart des chercheurs intéressés à la dyslexie remarquent que celle-ci, chez plusieurs enfants ou adultes, est souvent accompagnée de légers signes neurologiques anormaux. Même si la dyslexie est principalement définie comportementalement, il est clair qu'il y a des associations biologiques. (Galaburda et Kemper 1979, Geschwind et Behan 1982).

Certains auteurs proposent une étiologie qui explique qu'on n'ait pas pu, jusqu'à présent, pointer avec précision la cause physiologique. La dyslexie peut, en effet, être le produit d'un problème localisé au niveau des circuits neuronaux défiant la possibilité de détection. La dyslexie peut également être le résultat de la désorganisation (jusqu'à un certain degré) du cerveau qui peut rendre certains processus vulnérables au transport des influx nerveux. (Kinsbourne 1983).

Luria (1973), soulignant la lenteur et la maladresse remarquée chez les dyslexiques, nous explique que toute activité mentale complexe est le fait d'un système fonctionnel qui nécessite l'action concertée de trois unités principales : la première unité dirige et alerte le cerveau, la seconde amasse, traite et emmagasine l'information et la troisième règle, vérifie l'activité mentale. Pour Luria (1973), la dyslexie serait due à un certain degré d'inefficacité de notre système tri-phasique.

Bakker et Light (1983) quant à eux, s'attardent à l'aspect évolutif de la lecture. L'apprentissage de la lecture se fait dans l'hémisphère droit (aire des stratégies visuo-perceptuelle) pour ensuite être traitée dans l'hémisphère gauche (celui où l'on situe principalement le traitement de la

syntaxe et de la sémantique). Pour eux, la dyslexie est le syndrome de l'une des trois possibilités suivantes :

- * Premièrement, le sujet n'aurait pas effectué le changement d'hémisphère qu'exige l'évolution de l'apprentissage de la lecture.
- * Deuxièmement, il se pourrait que l'individu soit de type perceptuel : il en resterait à l'hémisphère droit par "tendance". Celui-ci serait un lecteur qui commettrait peu d'erreurs mais serait très lent.
- * Troisièmement, il y aurait l'individu qui privilégierait l'hémisphère gauche. Celui-ci serait un lecteur imprécis (il forgerait autour de ce qui est perçu) mais rapide.

Passons maintenant aux théories purement physiologiques. Galaburda (1985) cherche actuellement l'application de théories démontrant un lien entre la dyslexie grave, le développement du cerveau et les problèmes de la dominance hémisphérique.

Ajuriaguerra et Granjon (1953) remarquent que la désorganisation des fonctions symboliques est liée à la spécialisation hémisphérique.

On associe généralement la dominance hémisphérique au fait qu'un individu soit droitier ou gaucher. On s'attend à ce que le gaucher soit à l'opposé du droitier, donc qu'il ait une spécialisation marquée de l'hémisphère droit. En général un gaucher ne présente qu'un degré moindre de latéralisation, ses hémisphères cérébraux sont plus symétriques que ceux des droitiers. Oldfield (1971) nous fait remarquer qu'on trouve plus de gauchers chez les hommes que chez les femmes. Debray et Herbau (1972) nous signalent que la dyslexie est trois fois plus fréquente chez les hommes que chez les femmes tandis que Taylor (1969) nous donne une proportion de la fréquence de la dyslexie étant jusqu'à 5 fois supérieure chez les hommes.

Duane (1983) émet l'hypothèse que la dyslexie serait due à un trouble constitutionnel de l'hémisphère gauche car on y situe les principales aires du langage. Il mentionne qu'on retrouve 80 % de gauchers chez les dyslexiques. Ce qui concorde avec les observations de Debrau et Herbau mentionnés ci-haut, c'est-à-dire que les hommes sont atteints de dyslexie de façon plus importante que les femmes.

Cependant, on n'a pas pu trouver de différence évidente inter-sexe chez les humains au niveau physiologique. Chez les rats, les mâles ont le cortex beaucoup plus épais du côté droit, tandis que chez les femelles, c'est le côté gauche

qui est le plus épais. On a pu imputer cette disparité à la différence sexuelle des chromosomes sexuels X et Y. On retrouve chez certaines femmes la même asymétrie ou symétrie que celle retrouvée chez les hommes au niveau du cortex.

Galaburda (1985) suggère que l'hémisphère gauche qui contient l'aire principal du langage), se développe plus lentement que le droit, il est donc vulnérable sur une plus longue période aux effets nocifs pouvant altérer son développement. Diamond (1984) a découvert qu'en donnant des hormones mâles à des rates, on obtenait chez celles-ci des modèles mâles d'asymétrie cérébrale et qu'en castrant des mâles on obtenait des modèles femelles. On pourrait donc croire que la testostérone serait à l'origine de l'asymétrie du cerveau, mais on ne constate pas d'effets démontrés comparables chez les humains adultes.

Donc, s'il y a plus d'hommes qui sont gauchers et que 80% des dyslexiques sont gauchers, il est logique et vérifié, de penser qu'il y a plus d'hommes que de femmes qui sont dyslexiques. Nous pouvons donc déduire que quelque chose affecte particulièrement les hommes et à un moindre degré les femmes, et provoque la dyslexie. Egalement, l'hypothèse de Galaburda (1984) selon laquelle l'hémisphère gauche se développe plus lentement et en donc plus longuement exposé à des effets nocifs quelconques, mis en relation avec les

constatations de Diamond (1984), sur les changements des caractéristiques cérébrales sexués chez les rats en diminuant ou augmentant l'apport de testostérone, on serait en droit de penser que l'hémisphère gauche humain pourrait être affecté par l'apport de stéroïdes durant sa période la plus sensible soit la vie intra-utérine. Ainsi l'affection serait plus importante chez l'enfant mâle que chez l'enfant femelle à cause de la quantité présente de testostérone.

Ceci semble être confirmé car, on a constaté des malformations communes chez les enfants dont les mères prenaient des stéroïdes durant la grossesse (Galaburda 1985) . Les stéroïdes affecteraient de façon plus importante l'hémisphère gauche en ralentissant son développement, possiblement à cause d'une plus longue période de sensibilité de cet hémisphère. Il serait intéressant de vérifier l'occurrence de la dyslexie dans ces cas.

On peut également obtenir des modifications du cerveau par intervention chirurgicale. Goldman et Mendelson (1977) ont opéré des singes durant la deuxième moitié de leur gestation. Ils ont observé par la suite un phénomène de compensation, c'est-à-dire que certaines aires du cortex, n'ayant pas subi de lésions, se sont anormalement "sur"-développées et que les fibres les reliant entre elles

sont plus étendues que la normale.

Parallèlement, Galaburda (1985) écrit qu'il a découvert des lésions d'origine prénatales ainsi que des anomalies de symétrie d'au moins une aire de langage chez les cerveaux de dyslexiques qu'il a observés. Il a trouvé des dysphasies "qui allaient d'une simple perturbation dans la disposition normale des couches de cellules à une distortion marquée" p.767 de celles-ci. Il y aurait aussi des ectopies : "une collection de neurones qui avaient migré dans une couche qui en est normalement dépourvue" p.767. On peut trouver de semblables observations chez Dvorak et Feit (1977).

On ne rencontre que rarement de telles malformations, de 10 % à 15 % des cas en procédant au hasard. Galaburda, lui, n'en avait jamais rencontré dans ses études antérieures, alors qu'il les a constaté dans tous les cas étudiés (Galaburda, 1985).

Comme nous venons de la souligner, on a déjà démontré l'existence d'un lien statistique entre la dyslexie et la préférence pour la main gauche. Geschwind et Behan (1982) ont voulu savoir s'il y avait un lien démontrable entre le fait d'être gaucher, d'éprouver des troubles immunitaires et la difficulté d'apprentissage de lecture. Ils ont vérifié leurs théories auprès de 500 véritables gauchers et 900 droitiers. Ils en ont conclu que les gauchers souffraient plus que les

autres de maladies immunitaires, de migraines, d'allergies, de dyslexie, de bégaiement, de malformations osseuses et de troubles thyroïdiens. Geschwind et Behan (1982) expliquent leurs conclusions par la présence d'un taux élevé de testostérone pendant la vie foetale ou par une plus grande sensibilité du foetus à cette hormone.

La variabilité de la symptomatologie de la dyslexie pourrait expliquer la multiplicité des théories . L'étiologie varie selon l'auteur, ses antécédents et les observations qu'il a effectuées. Nous considérons cependant, que les difficultés éprouvées par les dyslexiques ne peuvent être attribuées à des facteurs intellectuels, émotionnels ou environnementaux. Nous privilégeons l'hypothèse liant la dyslexie à une difficulté de nature constitutionnelle. Elle serait l'effet d'une malformation ou d'un mauvais fonctionnement du cerveau.

Etudes des saccades oculaires :

La relation entre les déficits fonctionnels de la dyslexie et les anomalies du cerveau qu'elle implique, fait de ce désordre un excellent champ d'application pour la recherche sur les mouvements oculaires. On a démontré expérimentalement

que les mouvements oculaires sont parmi les indices les plus sensibles au point de vue neurologique (Holzman et al. 1974 sur la schizophrénie).

Pavlidis (1983a) écrit qu'il a établi une corrélation hautement significative entre le mouvement des yeux et l'habilité à la lecture. Les saccades oculaires effectuées par les dyslexiques sont différentes de celles qui sont effectuées par les lecteurs lents ou ayant un simple retard dans leur apprentissage. On trouve des saccades erratiques effectuées par les dyslexiques même au cours d'exercices sans rapport avec la lecture. Ces saccades ne sont pas causées par une déficience d'ordre visuel. Kocker (1959) et Piat-Baudot (1976) concluent que la présence des saccades oculaires erratiques ne doit pas être considérée comme la cause de la dyslexie mais comme un symptôme, la dyslexie, en étant un autre qui découlerait d'un même trouble de base.

Formulation des hypothèses :

D'après Piat-Baudot (1976) les dyslexiques se caractérisent par une grande instabilité oculaire dans les épreuves de lecture et également dans celles ne faisant pas appel à du matériel linguistique.

En effectuant la comparaison des tracés oculographiques tel que

l'ont fait Levy-Schoen (1980), Pavlidis (1983a) et Rayner (1983) font état de différences significatives entre les résultats obtenus par les sujets dyslexiques et les sujets normaux. Ils ont procédé en recueillant les relevés oculographiques de leurs sujets et ont conclu à une distinction identifiable des sujets dyslexiques.

Cette méthode d'évaluation physiologique aurait l'avantage, chez les sujets à risques (incidence familiale) de permettre un diagnostic évitant l'attente habituelle des deux ans de retard de lecture pour l'identification de la difficulté. Cependant, certains auteurs, comme Black et al. (1984), Wallis (1979) et Leisman et al. (1978) opposent leurs résultats et conclusions aux travaux des chercheurs précédemment nommés. Il semble que les divergences soient possiblement dues aux méthodes d'enregistrement utilisées comme le mentionnait G.T.H. Pavlidis en 1985.

L'hypothèse de base de ce mémoire consiste à vouloir démontrer que les sujets dyslexiques produisent des tracés oculaires significativement différents de ceux produits par les sujets normaux. Ce mémoire vise également la comparaison de deux méthodes de mesure des mouvements oculaires, soit l'électro-oculogramme et les cellules photo-électriques à infra-rouges, pour en évaluer les avantages et les inconvénients, dans un contexte de lecture, chez une population d'enfants normaux et dyslexiques.

Il est nécessaire de souligner que ces instruments de mesure sont tous deux utilisés fréquemment et reconnus comme fiables. Ce qui est particulier à cette recherche c'est leur utilisation pour un test de lecture.

La connaissance des avantages et des inconvénients des méthodes d'expérimentation est importante dans un test de lecture, particulièrement lorsque les sujets en expérimentation produisent des saccades de petites dimensions comme celles de sujets dyslexiques. L'inadéquation d'un instrument de mesure, dans cette situation particulière, pourrait aller jusqu'à faire disparaître les caractéristiques distinguant les groupes.

Nous constatons que la méthode utilisant les cellules photo-électriques à infra-rouge semble constituer une meilleure technique de mesure en situation de lecture à cause de la précision des tracés en comparaison de la présence accentuée du bruit de fond sur l'enregistrement effectué à l'aide de l'électro-oculogramme.

En terme de résultats, nous prévoyons obtenir :

- La préférence de l'une des méthodes de mesures en considération de ses avantages lors de la manipulation, associée à la fidélité des résultats en situation de lecture.
- Un tracé erratique produit par les sujets dyslexiques en comparaison avec un tracé régulier en

forme d'escalier produit par les sujets normaux.

- Une augmentation du temps de lecture des sujets dyslexiques en comparaison de celui des sujets contrôles.

- Le passage de la fin d'une ligne au début de la suivante se fera en 2 mouvements oculaires ou plus.

- De 7 à 11 saccades de progressions par lignes chez les sujets normaux avec 2 à 3 fois moins de saccades de régressions.

- Une fois et demi le nombre de saccades de régressions produites par les sujets normaux, par les sujets dyslexiques pour une même portion de texte.

- Une augmentation du nombre des saccades de progressions avec une diminution de l'amplitude , de moindre durée et de vitesse maximale atteinte plus faible :donc généralement de plus petite envergure, pour les sujets dyslexiques par rapport à celles produites par les sujets contrôles.

- Une augmentation du nombre, de l'amplitude, de la durée et de la vitesse atteinte par les saccades de régression des sujets dyslexiques par rapport aux sujets normaux.

- Une augmentation de la durée des fixations effectuées par les sujets dyslexiques par rapport aux sujets normaux.

Chapitre II

Description de l'expérience

Sujets

Cette recherche a été effectuée en comparant les résultats obtenus par deux groupes de sujets. Le premier groupe était constitué d'enfants préalablement diagnostiqués comme dyslexiques par les psychologues scolaires de l'institution qu'ils fréquentaient. Le second, le groupe contrôle, se composait de lecteurs réputés normaux.

Tous les sujets étaient âgés entre 9 et 13 ans. La limite inférieure de l'âge du groupe est estimée en fonction de l'âge minimum auquel on peut poser un diagnostic (deux ans de retard de lecture) et l'âge maximum, 13 ans, est l'âge auquel s'établissent souvent les mécanismes de compensation (Jean-Max Noël, 1976) chez les dyslexiques.

Groupe 1

Notre groupe de dyslexiques était composé de deux garçons âgés respectivement de 9 et 12 ans; et de deux filles âgées de 13 ans.

Nous avons sélectionné nos sujets selon les critères suivants, ces critères étaient exigés pour les deux groupes de sujets :

- de langue maternelle française.
- normaux de vision et d'ouïe.
- exempts d'handicaps physiques manifestes pouvant être la cause de la difficulté de lecture. (Ce qui n'exclut pas les troubles neurologiques discrets).
- de niveau intellectuel normal.
- issus d'un milieu où ils ont eu accès à une éducation conventionnelle.
- ne manifestant pas de problème émotionnel évident précédant le début de la lecture du test.

Ces critères ont été empruntés à Pavlidis (1983a) et Leunen (1982).

Groupe 2

Celui-ci était le groupe contrôle. Les sujets du groupe II étaient appariés à ceux du groupe I en fonction du sexe et de l'âge avec une variabilité de plus ou moins 1 mois. Les critères de sélection du premier groupe étaient également appliqués aux sujets du second groupe.

L'EQUIPEMENT

Appareillage de détection et d'enregistrement :

Cette recherche comparait deux techniques de mesure des mouvements oculaires. Ces techniques étaient l'électro-oculogramme et les cellules photo électriques à infra-rouge. Elles mesuraient les mouvements oculaires des sujets durant un test de lecture.

L'électro-oculogramme (EOG) recueille les variations de potentiel engendrées par la polarisation rétinienne. Cette méthode bi-temporale nécessite deux électrodes de surface (Beckman Instruments Inc.) posées latéralement sur les tempes près des extrémités des orbites oculaires, ainsi que l'utilisation d'une troisième électrode, de même modèle, servant d'électrode de référence, installée entre les sourcils du sujet. La pose des électrodes demande d'abord un nettoyage à l'alcool de l'épiderme où seront placées les électrodes. Ensuite une pâte abrasive conductrice est appliquée sur la peau. Ces opérations sont effectuées dans le but d'améliorer la

conductivité des électrodes. Enfin, on pose celles-ci à l'aide de rondelles adhésives prévues à cet effet en ajoutant de la gelée conductrice (Redux Paste) dans l'interstice au centre de l'électrode entre la peau et celle-ci. On assure enfin la fixité du tout en posant un ruban adhésif médical sur les électrodes.

On s'assure de la pose correcte des électrodes à l'aide d'un vérificateur d'impédance (GRASS, modèle EZM3). L'impédance des électrodes devait être inférieure à 10 méga-ohms.

On doit ensuite brancher les électrodes à un amplificateur de type DC (GRASS, modèle P 18) qui amplifie jusqu'à cent fois le signal recueilli et le filtre électroniquement (bande passante de 0 à 300 HZ).

Ce signal est encore amplifié de 10 fois. De quelques millivolts, le signal de départ atteindra jusqu'à 5 volts, voltage nécessaire au déclenchement de la digitalisation et à la mémorisation des données.

La méthode de détection des mouvements de l'oeil par cellules photo-électriques consiste à placer 3 photodiodes à infra-rouge (IR) du côté de l'oeil droit, sur une monture de lunette sans verre.

On ajustera à l'aide de micro-manipulateurs les deux cellules réceptrices de chaque côté de l'iris, face à la jonction de celui-ci et de la sclère. Ces cellules captent les reflets des rayons infra-rouge dirigés sur la cornée par la cellule émettrice centrale. Ainsi quand l'oeil est centré, les deux récepteurs reçoivent sensiblement la même quantité de lumière infra-rouge reflétée par l'oeil. Le déplacement de l'oeil fera en sorte que l'un des récepteurs se trouvera exposé à une plus grande surface d'iris sombre et à une plus petite surface de sclère blanche provoquant une baisse de tension aux bornes de cette cellule photo-électrique. L'autre cellule réceptrice capte simultanément une petite surface d'iris sombre et une grande surface de sclère blanche produisant une hausse de tension. La différence de tension ainsi créée permet d'obtenir un signal proportionnel à la position de l'oeil. Les photodiodes sont reliées à un amplificateur qui envoie les signaux reçus à la chaîne d'enregistrement.

Les signaux analogiques recueillis en expérimentation par l'EOG et les lunettes à cellules photo-électriques à infra-rouge sont d'abord enregistrés sur un magnétophone à bobines à modulation de fréquence (Hewlett Packard) afin de conserver les données sur une unité d'information indépendante du système logistique et de transporter ces données du lieu de la prise d'information aux

locaux du laboratoire de neuropsychologie expérimentale de l'Université du Québec à Trois-Rivières.

Les signaux de l'enregistrement sont ensuite transmis du magnétophone, par câbles coaxiaux, à un oscilloscope à mémoire (Tektronix modèle 5116) permettant à l'expérimentateur de les visualiser, puis vers les convertisseurs analogues numériques de l'ordinateur (Digital modèle Minc 23) où ils sont digitalisés et mémorisés sur disque magnétique.

Chaque balayage digitalisé et mémorisé a une durée de 2560 ms, composé par 256 points, enregistré à une vitesse d'échantillonnage de 10 ms.

Une fois mémorisées, les données seront traitées et analysées à l'aide d'un logiciel conçu à cet effet (le programme Van de M. Rob Douglas) doublé d'un logiciel d'émulation de terminal (Tektronix 1040). Nous utilisons un IBM PC comme terminal graphique pour communiquer avec le Minc. Le langage ordinateur utilisé est le Fortran. Nous disposons également d'un écran cathodique (Hewlett Packard 1310A) pour revisualiser les données mémorisées grâce à un convertisseur numérique analogique du MINC-23.

Ainsi l'expérimentateur peut analyser les tracés mémorisés de manière semi-automatique. A l'aide de curseurs déplacés par potentiomètres sur l'écran, le logiciel permet

d'effectuer la calibration des courbes recueillies par les deux instruments de mesures afin d'en permettre la comparaison. Le logiciel et ces mêmes curseurs permettent également de mesurer semi-automatiquement certains paramètres des saccades recueillies (amplitude, durée, vitesse maximale atteinte ainsi que les durées des périodes de fixation entre les saccades). Une imprimante (Epson modèle MX-80) transcrit sur papier les résultats ainsi obtenus. Elle imprime également une copie des tracés obtenus.

Une fois les données recueillies nous utilisons le logiciel Lotus 1,2,3 pour effectuer des statistiques descriptives et une imprimante matricielle pour imprimer nos tracés. Nous utilisons également un Mc Intosh sur lequel nous avons transféré nos données afin d'obtenir certains traitements statistiques à l'aide des programmes Statworks (1985) et Statview (1986).

DESCRIPTION DU TEST

Nous avons présenté le test de l'Alouette à nos sujets parce qu'il a été conçu comme test d'analyse de lecture et de dyslexie. "Chaque mot y est une situation de lecture, par ses niveaux graphique, idéatoire et phonétique, par les termes qui le suivent, par sa position dans la ligne, par les images

qui l'accompagnent" (Lefavrais 1967 p.26). Ces situations sont autant d'embûches propres à mettre en lumière les "faiblesses" des dyslexiques. L'enfant commettra, par exemple, des inversions et persévérations de lettres, de mots, de sons, idéatoires ou picturales.

Le test de l'Alouette n'est pas standardisé au Québec, nous l'avons utilisé en tant que situation de lecture propice à éclairer la démarcation entre les deux groupes de sujets parce qu'il se prêtait à divers niveaux d'adaptation à la lecture. Nous pouvons trouver les résultats des sujets dyslexiques en appendice A.

La distance entre le sujet et un agrandissement du texte est de 114 cm. L'agrandissement a été exécuté pour que le lettrage principal du test soit de 1 cm en vue de correspondre aux normes établies pour les tests de vision (Woodson et Conover, 1978). Les points de calibration étaient situés à 41.5 cm, à droite et à gauche du centre du test afin que le regard parcoure un espace équivalent à 20 degrés d'arc sur l'axe horizontal. ($AB = BC \cos 20$ donc $AC = \frac{AB}{\cos 20}$)

$$\cos 20$$

Les points de calibration étaient posés sur des illustrations (un écureuil, une lune et un renard) afin d'éviter la difficulté droite - gauche chez les enfants lors des calibrations. Nous disposions également d'un magnétophone

pour éviter aux expérimentateurs d'avoir à manipuler fiches et protocoles.

Déroulement de l'expérience

Au cours de l'expérimentation, les sujets sont assis sur une chaise ajustable en hauteur pour que l'enfant puisse appuyer le menton sur une mentonnière fixe prévue à cet effet. Les yeux de chacun des sujets seront donc situés au même endroit face au centre du texte fixé sur le mur.

Après avoir assis le sujet confortablement, on procède au nettoyage de l'épiderme des tempes et du front. On fixe ensuite les électrodes sur le sujet comme décrit plus haut. Il est important de demander au sujet de ne pas crisper les mâchoires, d'éviter de cligner des yeux pendant la lecture ou de bouger la tête, car les données recueillies par les électrodes seraient faussées. La contraction des mâchoires pourrait produire des variations de potentiel qui seraient enregistrées au même titre que la polarisation rétinienne par les électrodes de l'EOG et fausseraient ainsi la prise des données. Les mouvements de tête, quant à eux, influenceraient la distance parcourue par les yeux, donc modifierait les données recueillies par l'une et l'autre méthode en ce qui concerne l'amplitude des mouvements des yeux. (Un mouvement de tête en direction d'une cible visuelle diminue d'autant

l'amplitude du mouvement oculaire). Ensuite il faut placer les lunettes à cellules infra-rouge sur la tête du sujet en les ajustant soigneusement car elles sont lourdes et pourraient avoir tendance à se déplacer. Egalement, il est nécessaire d'ajuster méticuleusement les cellules photo-électriques à l'avant de l'oeil droit du sujet pour obtenir des données linéaires. On vérifie ensuite l'impédance des électrodes, puis on amplifie leurs signaux. Durant la calibration et l'expérimentation, il est nécessaire d'ajuster les potentiomètres de gain et d'équilibre des amplificateurs afin d'éviter toute saturation de la chaîne d'amplification.

Tâche du sujet

Le sujet est assis face au texte de l'Alouette, il doit déplacer ses yeux aux signaux donnés par l'expérimentateur pour la calibration et enfin, lire le texte qui lui est présenté.

Nous avons suivi la procédure de Lévy-Schoën (1980) qui consistait à faire lire le même texte à voix haute puis en silence, pour comparer les résultats ainsi obtenus.

Egalement, à la suite de l'article de cet auteur, chaque présentation de texte était suivie ou précédée d'un calibrage de l'enregistrement du regard : le sujet est invité à

fixer successivement et à quelques reprises trois points constitués par des croix qui sont posées sur trois images différentes.

Nous suivons ensuite la procédure du Manuel du test de l'Alouette, par Lefavrais (1967). Etant donné que nous n'avions pas à utiliser la feuille de protocole pour la cotation et que nous utilisions un agrandissement du test fixé au mur nous passons immédiatement à la deuxième partie de la consigne.

Consigne

Invitation à la lecture.

Dire au sujet: "Tiens, tu lis tout ça", et avec le crayon on lui montre le texte depuis le titre jusqu'à la fin;

Placer ensuite le crayon au-dessus du titre et lire soi-même, en articulant bien, mais sans détacher les syllabes: "l'allouette";

Montrer avec le crayon le premier mot: "sous";

Si le sujet ne lit pas, insister et dire: "vas-y, tu lis" et montrer "sous" avec le crayon;

La durée de la lecture est de trois minutes;

Si le lecteur s'arrête plus de cinq secondes sur un mot sans le lire, l'inviter à lire le mot suivant: "laisse-le, continue", et s'il ne le fait pas, insister, en montrant avec le crayon le mot suivant "lis celui-là";

Si le lecteur cesse de lire en cours d'épreuve, on l'invite à reprendre sa lecture: "continue". S'il ne recommence pas à lire, insister et lui montrer le mot à lire avec le crayon: "allons, tu lis".

Description des mouvements oculaires mesurés

Le but de notre étude était d'obtenir une information précise au sujet de deux techniques de mesure des mouvements oculaires exploitables dans une situation de lecture auprès d'une population dyslexique et d'une population normale.

Les mouvements des yeux utilisés durant la lecture sont de type saccadique. Ces mouvements amènent sur la fovéa, toute image localisée dans le champ visuel périphérique. La saccade est un mouvement parfois qualifié de balistique pré-programmé qui utilise un mécanisme de boucle ouverte. Ces mouvements pré-programmés sont en relation avec plusieurs points de fixation possible. Le cerveau connaît approximativement la destination du mouvement des yeux avant qu'ils exécutent la saccade. Plusieurs signaux-erreurs doivent être calculés par les hémisphères cérébraux. (Roméro et al., 1982).

Nous avons dénombré quatre types de saccades :

- La saccade de progression : le saut que l'oeil effectue pour se rendre à la prochaine unité d'absorption d'information.
- La saccade de vérification ou régression : une saccade qui effectue un mouvement de retour sur le texte déjà parcouru qu'on suppose être une vérification ou un retour causé par une incompréhension.
- Le retour à la ligne : la saccade qui marque le passage de l'oeil à la ligne suivante.
- La saccade d'ajustement : la deuxième saccade qu'on peut retrouver lors d'un retour à la ligne : "le passage à la ligne s'exécute en 2 saccades... Une escale plus près de la nouvelle ligne que de la ligne précédente, mais aussi parfois au milieu de l'espace parcouru". (Lévy-Schoen 1980 p.127).

On admet généralement qu'il se produit une sorte d'éclipse visuelle pendant les saccades oculaires, donc il n'y a aucune prise d'information pendant ces gestes oculaires.

Aussi nous devons souligner l'importance du temps de fixation qui semble être le temps d'arrêt de l'oeil, pendant lequel aurait lieu la prise d'information, sa durée semble varier selon le lecteur et la difficulté du texte parcouru.

Chapitre III

Analyse des résultats

Méthode d'analyse :

Nous avons effectué une analyse des résultats sur les données recueillies pendant la lecture silencieuse. Lors de la lecture à voix haute, les mouvements des mâchoires du sujet provoquaient un tel bruit qu'on en perdait la mesure des mouvements oculaires.

On a présenté le texte de l'Alouette à chaque sujet, durant 3 minutes. Les sujets normaux ont tous terminé la lecture du texte avant les trois minutes allouées. Les dyslexiques, selon leurs rapidités et difficultés respectives se sont rendus à un point X du texte. Le sujet dyslexique ayant le plus de difficultés a terminé la lecture de la onzième ligne en trois minutes. Nous nous sommes basés sur les données obtenues entre le début de la deuxième ligne (certains sujets ne posaient pas les yeux sur la première ligne que l'expérimentateur avait lu) et la fin de la onzième ligne, pour établir la base de nos comparaisons.

On analyse, à partir des balayages visualisés sur un écran HP (Hewlett Packard modèle 1310A), chaque saccade,

à l'aide de curseurs déplacés par potentiomètres. Le logiciel permet de mesurer, semi-automatiquement, plusieurs paramètres (l'amplitude des saccades, leur durée, la vitesse maximale atteinte par chacune d'elles). L'imprimante Epson (modèle MX-80) transcrit sur papier les résultats obtenus ainsi que le tracé de chacun des balayages. Ensuite nous avons transféré manuellement les résultats obtenus afin d'en effectuer le traitement statistique. Les traitements statistiques ont été effectués sur micro-ordinateur (Apple Mc Intosh) et traités à l'aide des logiciels Statworks (1985) et Statview (1986).

La première étape de l'analyse des données consiste à calibrer les enregistrements effectués à l'aide de l'IR et de l'E.O.G afin de pouvoir comparer (proportionnellement) les résultats obtenus par chacun des instruments pour les mêmes mouvements oculaires. Nous avons décidé d'utiliser l'IR comme mesure de base, car l'E.O.G présentait une grande quantité de bruit sur son tracé. Nous utilisons, pour cette mesure, les tracés de calibration effectués en début ou en fin d'expérimentation, en multipliant le signal de l'E.O.G par un facteur propre à chaque expérience.

Nous avons effectué les statistiques descriptives classiques, présentées plus loin à l'intérieur de ce chapitre.

Les méthodes employées dans l'analyse des résultats obtenus sur les saccades des sujets sont le calcul de moyennes, et des écart-types individuels ou en groupe. Les variables mesurées sont l'amplitude, les durées et les vitesses maximales atteintes par les saccades de progression et de régression, la durée des fixations et ce pour chacun des instruments.

Les coefficients de corrélation intra et inter-instruments sont calculés.

Nous avons également quelques histogrammes de distribution permettant d'évaluer l'allure des dispersions des différentes mesures récoltées. Nous présentons aussi quelques différences entre les groupes : les valeurs minimum et maximum, la médiane, la moyenne, l'écart-type, la kurtose et quelques autres. Les données sont regroupées pour l'ensemble des sujets dyslexiques et des sujets normaux.

Enfin, des tests-T de Student, pour groupes de mesure indépendants, sont effectués afin de savoir si les différences inter-groupes sont significatives. Ils nous permettent de tester si les deux groupes sont homogènes entre eux.

Résultats

Comparaison E.O.G - IR :

Nous avons d'abord voulu vérifier la fidélité des mesures, c'est-à-dire si les deux instruments soit l'E.O.G et IR mesureraient effectivement la même chose.

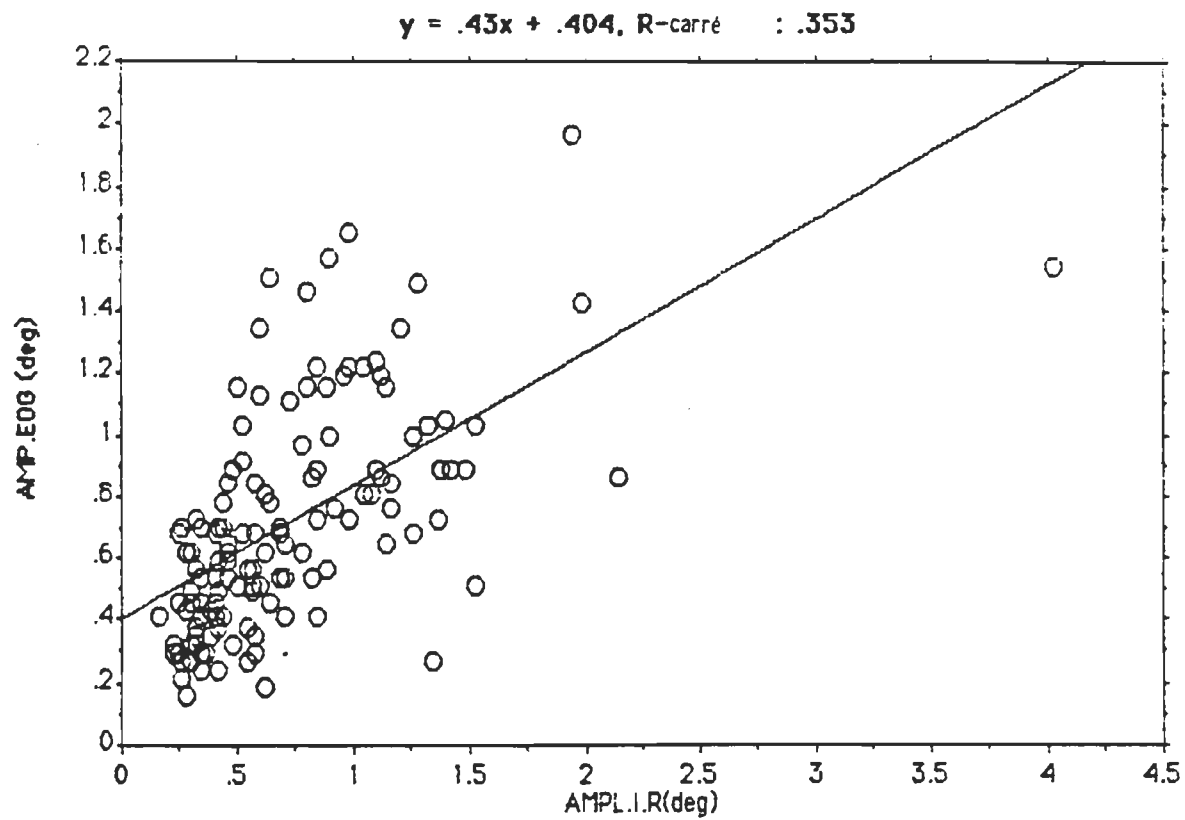
Notre première figure représente la régression linéaire entre l'amplitude des saccades mesurées par l'E.O.G sur l'axe des Y et celle mesurée par l'IR sur l'axe des X, pour un sujet normal, le numéro 1 : La valeur du coefficient de corrélation n'atteint que 0,594. La droite de régression n'explique que 35 % (R^2) de la variabilité des données.

Ceci nous montre que la prise de données effectuée sur les mêmes saccades présentent une forte différence inter-instrumentale. Celle-ci est d'ailleurs visible sur les tracés enregistrés. (voir exemple figure 1 d'infra-rouge et E.O.G pour le numéro 1).

Nous avons ensuite vérifié (figure 2) si nous obtenions des résultats semblables entre les vitesses maximales enregistrées durant les saccades à l'aide des deux instruments chez le même sujet. Le facteur de corrélation n'est que de 0,63, pratiquement le même que celui obtenu pour l'amplitude

Figure 1.

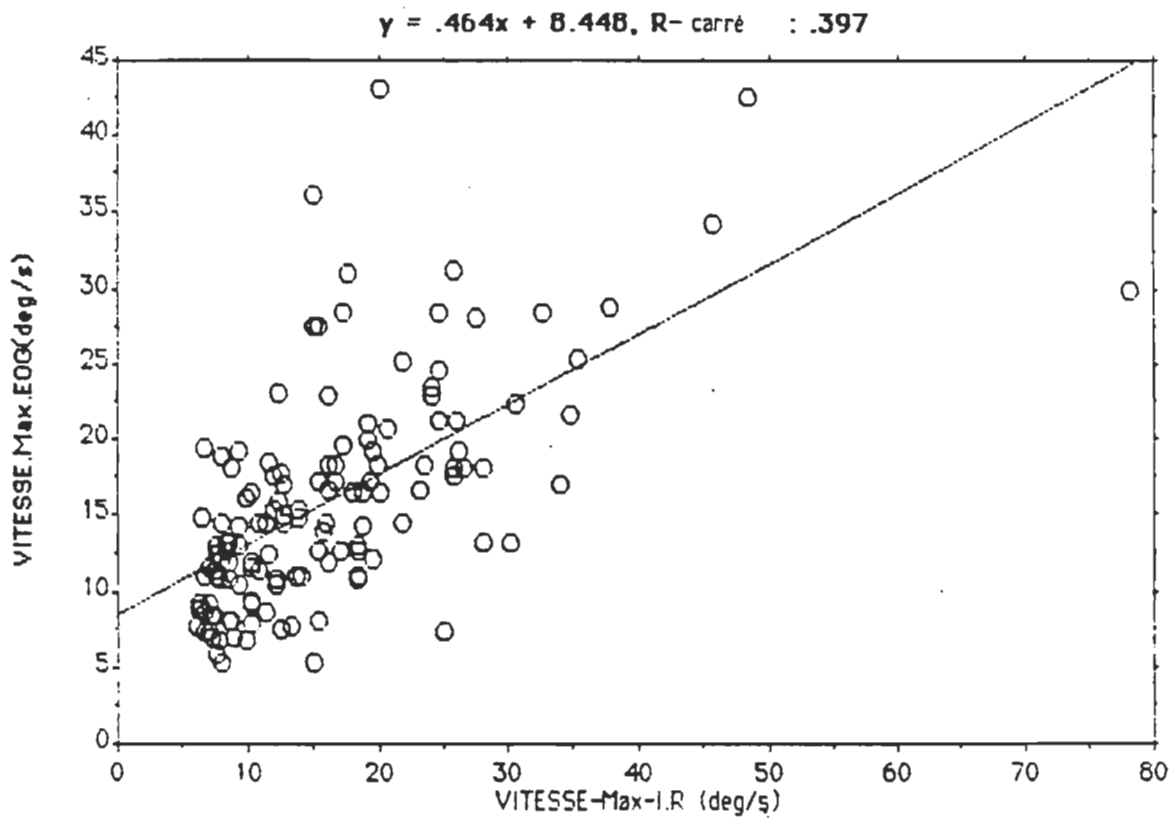
MESURE DE FIDELITE SUR L'AMPLITUDE MAX DES SACCADÉS



Analyse de regression entre l'amplitude en degrés sur l'I.R. en abscisse et l'amplitude en degrés sur l'E.O.G. en ordonnée.

Figure 2

MESURE DE FIDELITE SUR LA VITESSE MAX DES SACCADÉS



Analyse de régression entre la vitesse maximale atteinte en degrés par seconde sur l'I.R. en abscisse et la vitesse maximale en degrés par seconde sur l'E.O.G. en ordonnée.

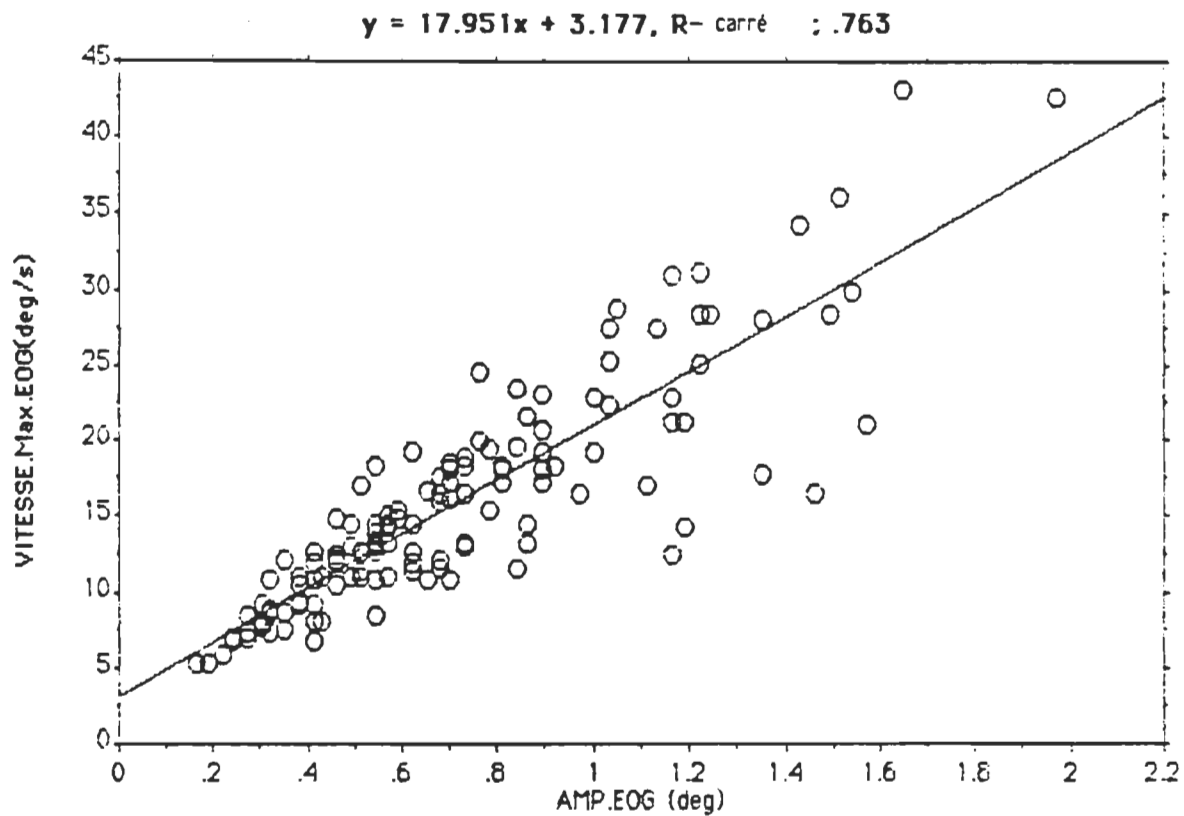
des saccades. On peut constater visuellement l'importance de l'éparpillement des données sur les graphiques 1 et 2. Nous avons interprété ces résultats comme étant le fait d'une moindre efficacité de l'un des instruments de mesure pour le test de lecture. Nous avons donc décidé de faire un test de fidélité sur chacun des instruments.

Nous savons, d'après la littérature sur les saccades (Robinson, 1981) que la vitesse des saccades est directement proportionnelle à leur amplitude. C'est ce que l'on appelle la "loi de la séquence principale" (Bahill et Stark, 1979). Le coefficient de corrélation obtenu entre les données d'amplitude et de la vitesse maximale atteinte pour l'E.O.G (figure 3) n'est que de 0,873 tandis que celle de l'IR (figure 4) nous donne 0,96. La corrélation de l'IR s'approche de la perfection (corrélation parfaite de 1 ou -1) figure 4 , tandis que celle de l'E.O.G n'est pas aussi linéaire.

Nous expliquons cette différence par le fait déjà mentionné que l'IR semble être un instrument plus adéquat pour un exercice tel que la lecture, qui provoque des saccades de petites dimensions (de 2 à 3 degrés et de 5 à 10 degrés pour les retours à la ligne). L'E.O.G possède du bruit de fond qui interfère avec l'identification des saccades situées dans cet ordre de grandeur. Ce qui peut expliquer les différences obtenues entre les deux instruments de mesure.

Figure 3

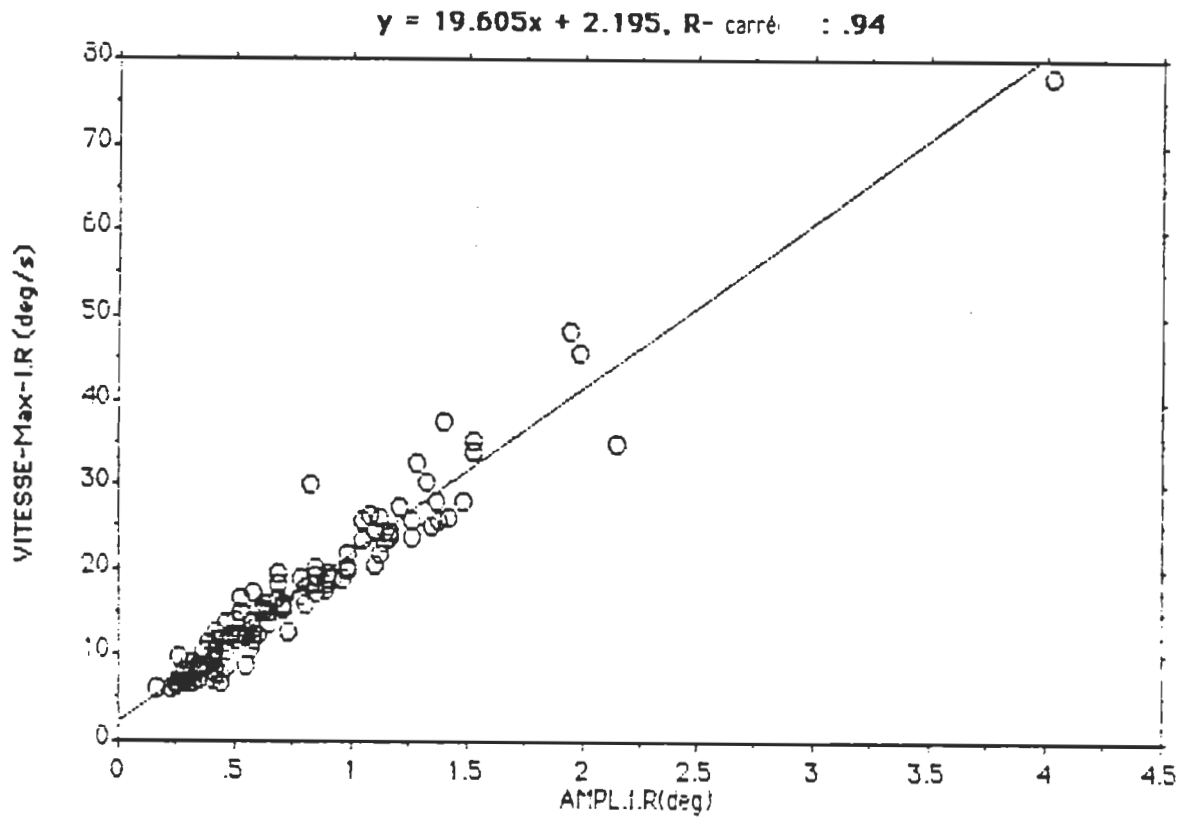
MESURE DE FIDELITE SUR LA VITESSE MAX DES SACCADÉS



Analyse de régression entre l'amplitude en degrés sur l'E.O.G. en abscisse et la vitesse maximale atteinte en degrés par seconde sur l'E.O.G.

Figure 4

MESURE DE FIDELITE SUR LA VITESSE MAX DES SACCADÉS



Analyse de régression entre l'amplitude en degrés sur l'I.R. en abscisse et la vitesse maximale atteinte en degrés par seconde sur l'I.R. en ordonnée.

Comparaisons normaux-dyslexiques

L'hypothèse de base de cette recherche consiste à tenter de démontrer que les résultats obtenus lors de la passation d'un test de lecture auprès d'enfants dyslexiques différeraient significativement des résultats obtenus par un groupe contrôle.

Puisque nous venons de montrer que l'IR est la mesure la plus fidèle, nous l'utiliserons dorénavant pour effectuer les comparaisons.

Progressions :

Nous allons donc comparer les résultats, en débutant par l'étude des progressions, en nous basant sur les données recueillies par l'IR.

On trouve la distribution de l'amplitude des saccades de progression des sujets normaux à la figure 5. L'amplitude moyenne de ces saccades chez les sujets normaux est de 1,20 degré avec un écart-type de 1,26. La figure 6 présente les données recueillies chez les dyslexiques. L'amplitude moyenne de leurs saccades est de 0,97 degré avec un écart-type de 0,79.

Figure 5

Distribution des amplitudes des saccades de progression en degrés chez les sujets normaux.

Fichier des données:

Variable: Ampli.IR (°) Observations: 282

Minimum: 0,14 Maximum: 9,66

Etendue: 9,52 Médiane: 0,75

Moyenne: 1,20 Erreur-type: 0,08

Variance: 1,59

Ecart-type: 1,26

Coefficient de variation: 104,77

Coefficient d'assymétrie: 2,96 Kurtose: 11,26

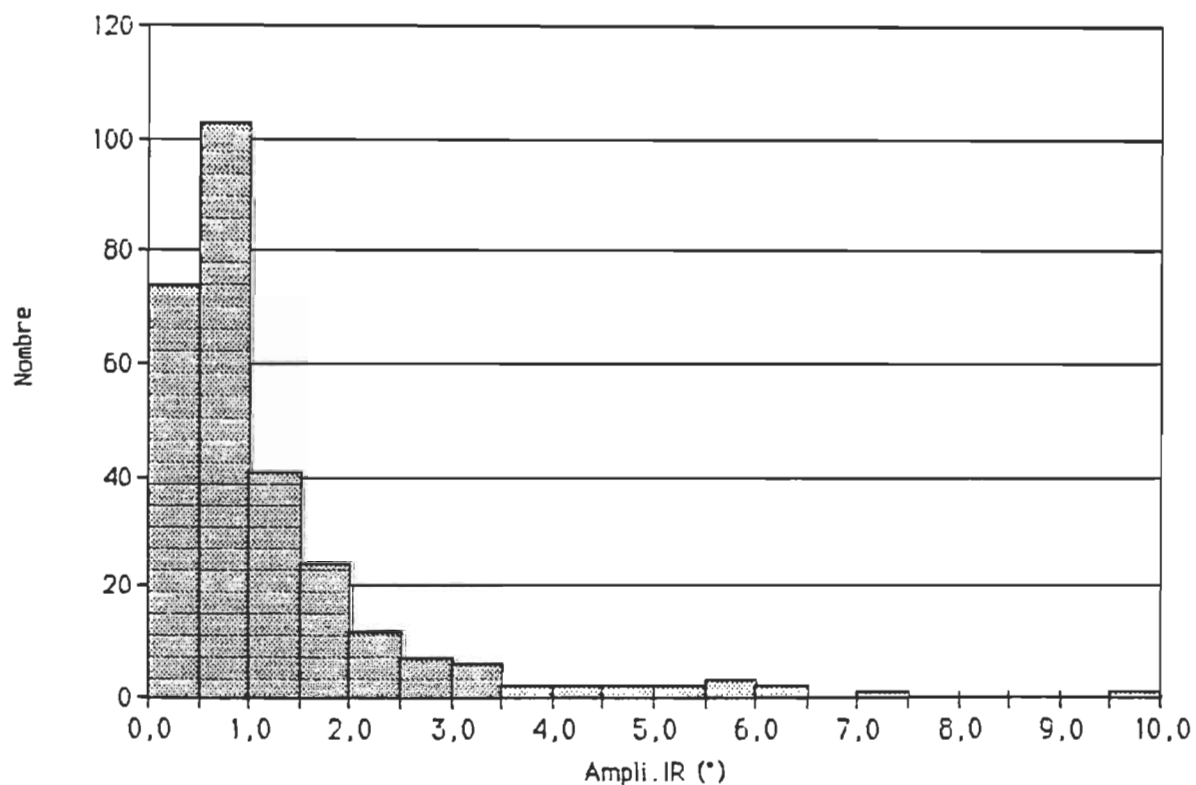


Figure 6

Distribution des amplitudes des saccades de progression en degrés chez les sujets dyslexiques.

Fichier des données:

Variable: Ampli°.IR Observations: 611

Minimum: 0,07 Maximum: 7,10

Etendue: 7,03 Médiane: 0,74

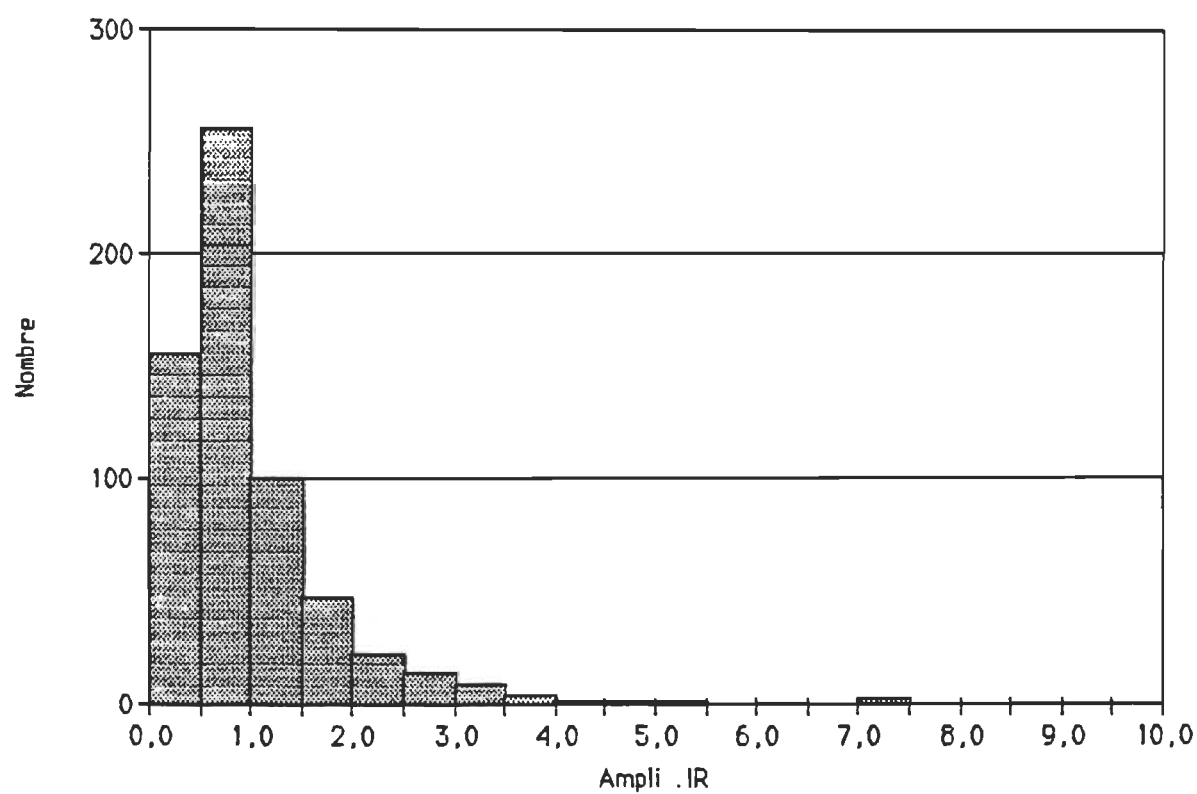
Moyenne: 0,97 Erreur-type: 0,03

Variance: 0,62

Ecart-type: 0,79

Coefficient de variation: 81,02

Coefficient d'asymétrie: 2,95 Kurtose: 14,28



L'amplitude des saccades de progression produites par le groupe de sujets normaux est plus grande, en moyenne que celle produite par le groupe des sujets dyslexiques et l'écart-type des sujets normaux est également plus important. Il est important de remarquer que l'échelle sur l'axe des Y n'a pas le même ordre de grandeur sur le graphique des sujets normaux que sur le graphique des dyslexiques et cela pour toutes les figures. Les dyslexiques effectuent beaucoup plus de saccades pour une même longueur de texte. Cependant, pour une raison d'espace, nous avons dû nous restreindre à une telle disparité.

Nous désirons savoir s'il y a une différence significative entre l'amplitude des saccades de progression effectuées par les sujets normaux et celles produites par les sujets dyslexiques. Pour ce faire, nous avons effectué un test-T de Student ($T(891) = -3,32$; $p = 0,001$) qui est très significatif (tableau 1). Ce qui va dans le sens d'une disparité importante entre le groupe de sujets normaux et le groupe de sujets dyslexiques, en regard de l'amplitude de leurs saccades de progression. L'amplitude des saccades de progression des sujets dyslexiques est plus petite que celles des sujets normaux.

Tableau 1

Test-T de Student sur l'amplitude des saccades de progression des sujets dyslexiques et des sujets normaux.

Variable:	dyslexiques	normaux
Moyenne:	0,97	1,20
Ecart-type:	0,79	1,26
Observations:	611	282
test-t:	-3,32	Hypothèses:
Degrés de liberté:	891	Ho: $\mu_1 = \mu_2$
Signification:	0,001	Ha: $\mu_1 \neq \mu_2$

Tableau 2

Test-T de Student sur la vitesse maximale atteinte des saccades de progression des sujets dyslexiques et des sujets normaux.

Variable:	dyslexiques	normaux
Moyenne:	16,45	19,29
Ecart-type:	10,52	17,84
Observations:	611	282
test-t:	-2,97	Hypothèses:
Degrés de liberté:	891	Ho: $\mu_1 = \mu_2$
Signification:	0,003	Ha: $\mu_1 \neq \mu_2$

La figure 7 présente un histogramme des données recueillies sur la vitesse maximale atteinte durant les saccades de progressions pour le groupe de sujets normaux. La moyenne des vitesses maximales atteintes est de 19,29 degrés par seconde et l'écart-type est de 17,84. Sur la figure 8, l'histogramme représentant le groupe des enfants dyslexiques nous donne une moyenne de 16,45 degrés par seconde avec un écart-type de 10,25.

Un test-T de Student effectué sur les deux distributions de vitesse ($T_{891} = -2.97$; $p = 0,003$)(tableau 2) nous indique que la différence entre la vitesse maximale enregistrée pour les deux groupes est significative puisque l'indice de probabilité est inférieur à 0,05. Les vitesses maximales atteintes lors des saccades de progression des sujets dyslexiques sont donc significativement plus petites que celles produites par les sujets normaux. Ce résultat était d'ailleurs prévisible puisqu'il vérifie la loi de la séquence principale : puisque les saccades des sujets dyslexiques sont plus petites que celles des sujets normaux, leurs vitesses maximales sont également inférieures.

Enfin, nous étudions la durée des progressions des deux groupes. La moyenne de la durée des saccades de progression du groupe normal est de 83,48 millisecondes avec

Figure 7.

Distribution des vitesses maximales atteintes des saccades de progression en degrés par seconde chez les sujets normaux.

Fichier des données:

Variable: Vitesse.IR (°/s Observations: 282

Minimum: 3,40

Maximum: 132,10

Etendue: 128,70

Médiane: 13,40

Moyenne: 19,29

Erreur-type: 1,06

Variance:

318,30

Ecart-type:

17,84

Coefficient de variation:

92,49

Coefficient d'assymétrie: 2,74 Kurtose: 9,48

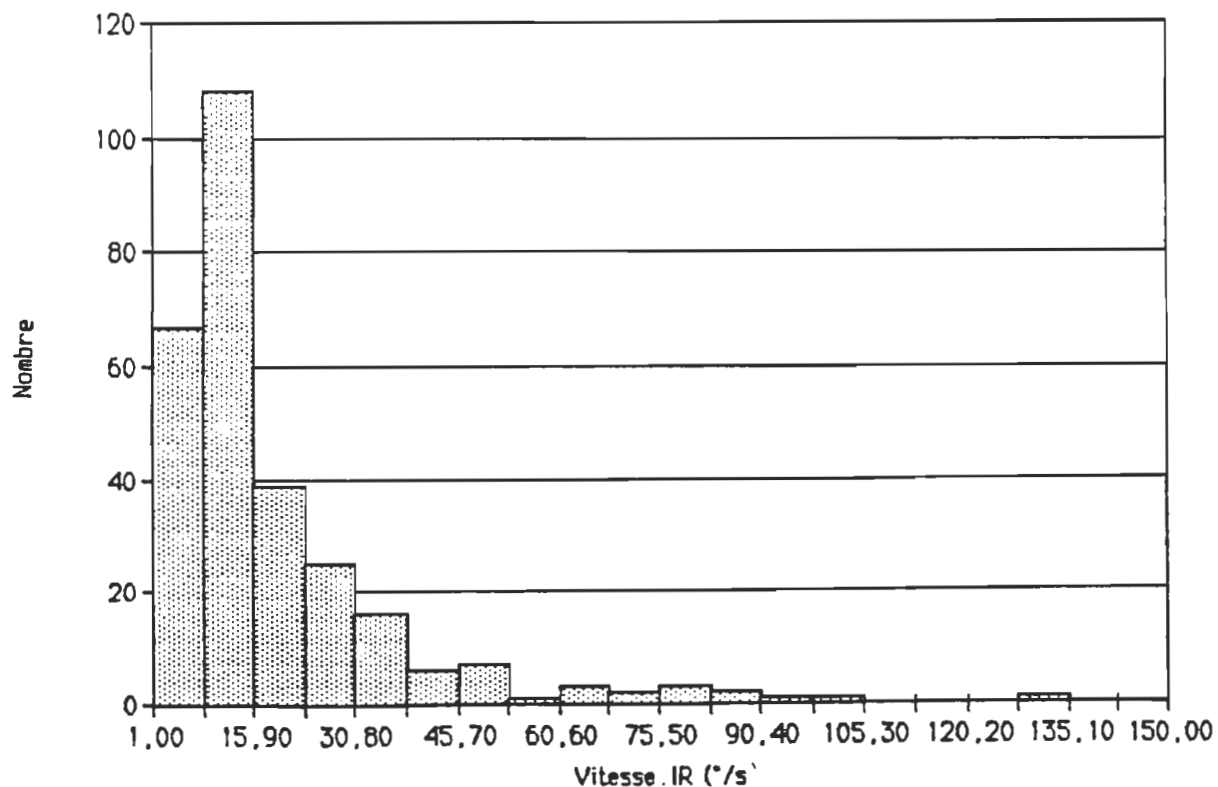


Figure 8

Distribution des vitesses maximales atteintes des saccades de progression en degrés par seconde chez les sujets dyslexiques.

Fichier des données:

Variable: VitesselR*/s Observations: 611

Minimum: 2,00 Maximum: 94,20

Etendue: 92,20 Médiane: 14,00

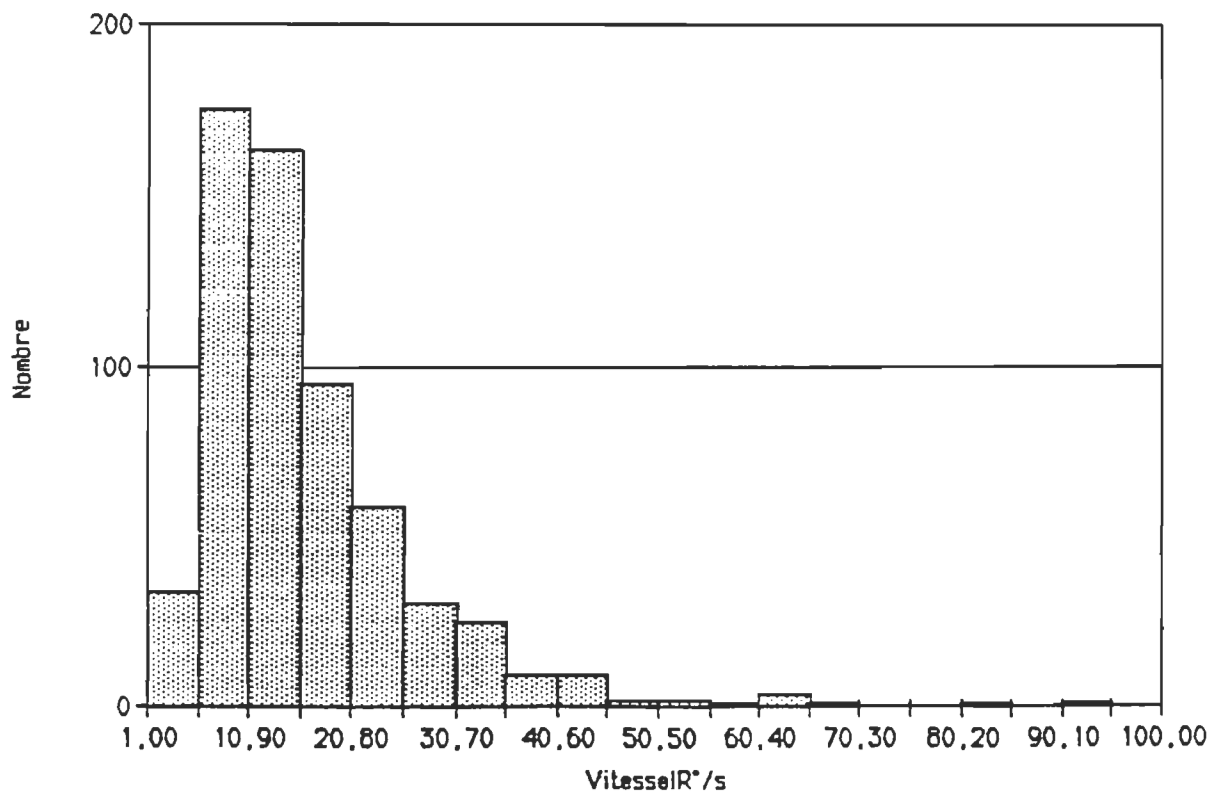
Moyenne: 16,45 Erreur-type: 0,43

Variance: 110,67

Ecart-type: 10,52

Coefficient de variation: 63,94

Coefficient d'assymétrie: 2,41 Kurtose: 9,70



un écart-type de 21,51 (figure 9). Le groupe de sujets dyslexiques a une moyenne de 65,12 millisecondes avec un écart-type de 22,83 (figure 10). La durée des progressions du groupe de sujets dyslexiques est significativement plus petite que celle du groupe de sujets normaux car le test-T de Student qu'on trouve au tableau 3 nous donne ($T_{890} = 11,35$; $p < 0,001$).

Figure 9

Distribution des durées, en millisecondes, des progressions chez les sujets normaux.

Fichier des données.

Variable: Durée.IR (ms) Observations: 282

Minimum: 50,00 Maximum: 170,00

Etendue: 120,00 Médiane: 80,00

Moyenne: 83,48 Erreur-type: 1,28

Variance: 462,61

Ecart-type: 21,51

Coefficient de variation: 25,77

Coefficient d'assymétrie: 1,23 Kurtose: 2,34

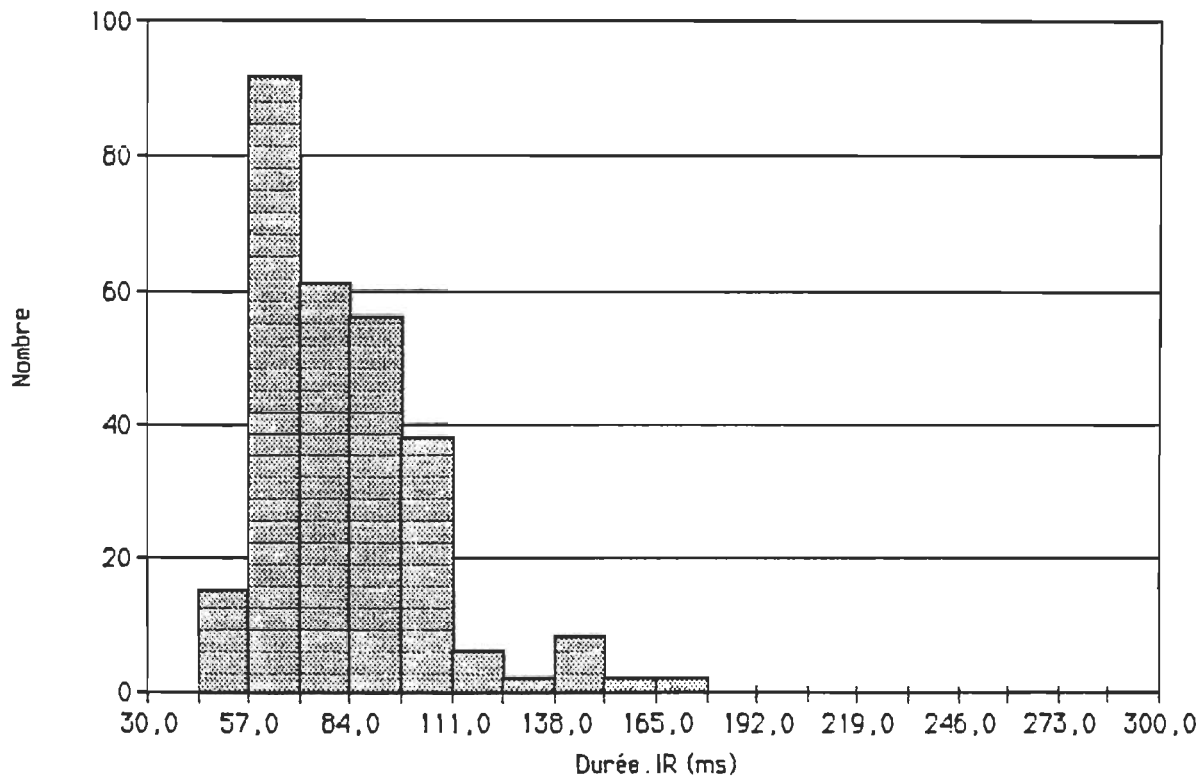


Figure 10

Distribution des durées, en millisecondes, des progressions chez les sujets dyslexiques.

Fichier des données:

Variable: Durée.IR (ms) Observations: 610

Minimum: 30,00	Maximum: 270,00
Etendue: 240,00	Médiane: 60,00

Moyenne: 65,16	Erreur-type: 0,92
----------------	-------------------

Variance:	521,20
Ecart-type:	22,83
Coefficient de variation:	35,04

Coefficient d'assymétrie: 3,65rKurtose: 25,61

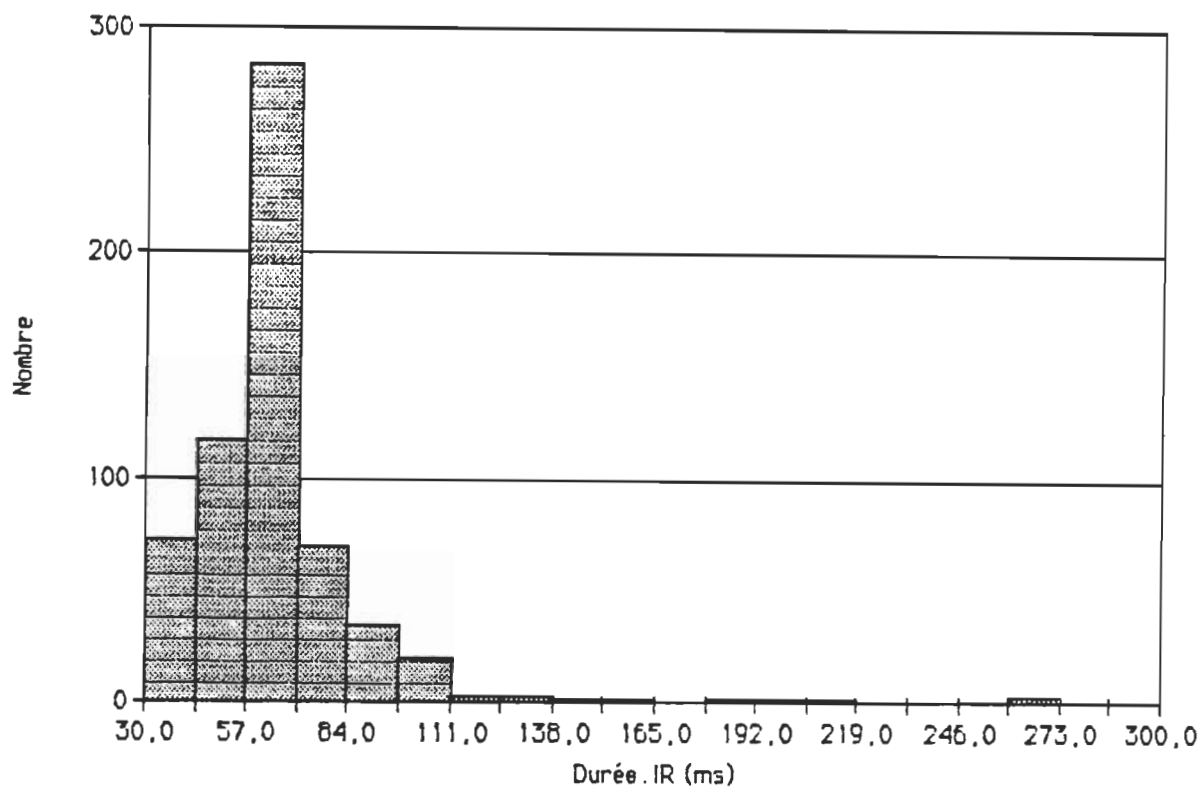


Tableau 3

Test-t de Student sur la durée des saccades de progression des sujets dyslexiques et des sujets normaux.

Fichier des données: Progressions

Echantillons indépendant...

Variable:	dyslexiques	normaux
Moyenne:	83,48	65,16
Ecart-type:	21,51	22,83
Observations:	282	610
test-t:	11,35	Hypothèses:
Degrés de liberté:	890	Ho: $\mu_1 = \mu_2$
Signification:	0,000	Ha: $\mu_1 \neq \mu_2$

Fixations :

Nous avons ensuite étudié les fixations produites par les deux groupes de sujets. A la figure 11, nous retrouvons la distribution et la description statistique des fixations effectuées par le groupe contrôle. La moyenne des fixations produites par ce groupe durait 0,33 seconde avec un écart-type de 0,21 seconde. La figure 12 nous indique que les fixations des dyslexiques durent en moyenne 1,07 seconde avec un écart-type de 1,11 seconde.

Il nous semble toutefois, préférable de comparer les médianes étant donné la différence importante des distributions, différence aisément remarquable sur les figures 11 et 12. La médiane de la distribution des fixations effectuées par le groupe de sujets "normaux" se situe à 0,29 seconde, alors que celle du groupe des sujets dyslexiques est de 0,60 seconde soit environ deux fois celle du premier groupe.

Les fixations des enfants dyslexiques semblent donc beaucoup plus longues que celles produites par les enfants du groupe contrôle et leurs écart-types sont également beaucoup plus importants. Ce qui est conforme à notre compréhension de notre définition de la fixation et de la dyslexie ; la fixation étant le temps d'arrêt de l'oeil pendant lequel il y aurait

Figure 11

Distribution des durées , en milisecondes, des fixations des sujets normaux.

Fichier des données:

Variable: Fixations (s) Observations: 262

Minimum: 0,08 Maximum: 2,67

Etendue: 2,59 Médiane: 0,29

Moyenne: 0,33 Erreur-type: 0,01

Variance: 0,04

Ecart-type: 0,21

Coefficient de variation: 62,20

Coefficient d'assymétrie: 5,98 Kurtose: 61,18

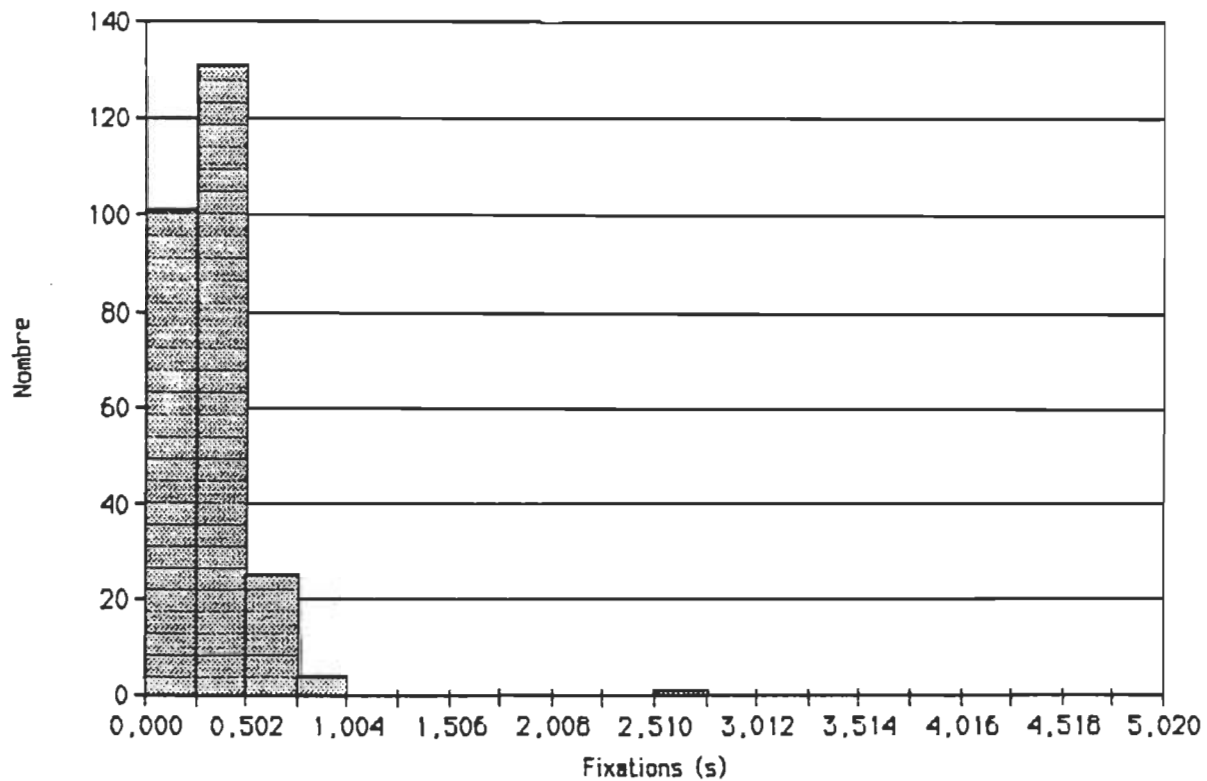


Figure 12

Distribution des durées , en millisecondes, des fixations des sujets dyslexiques.

Fichier des données:

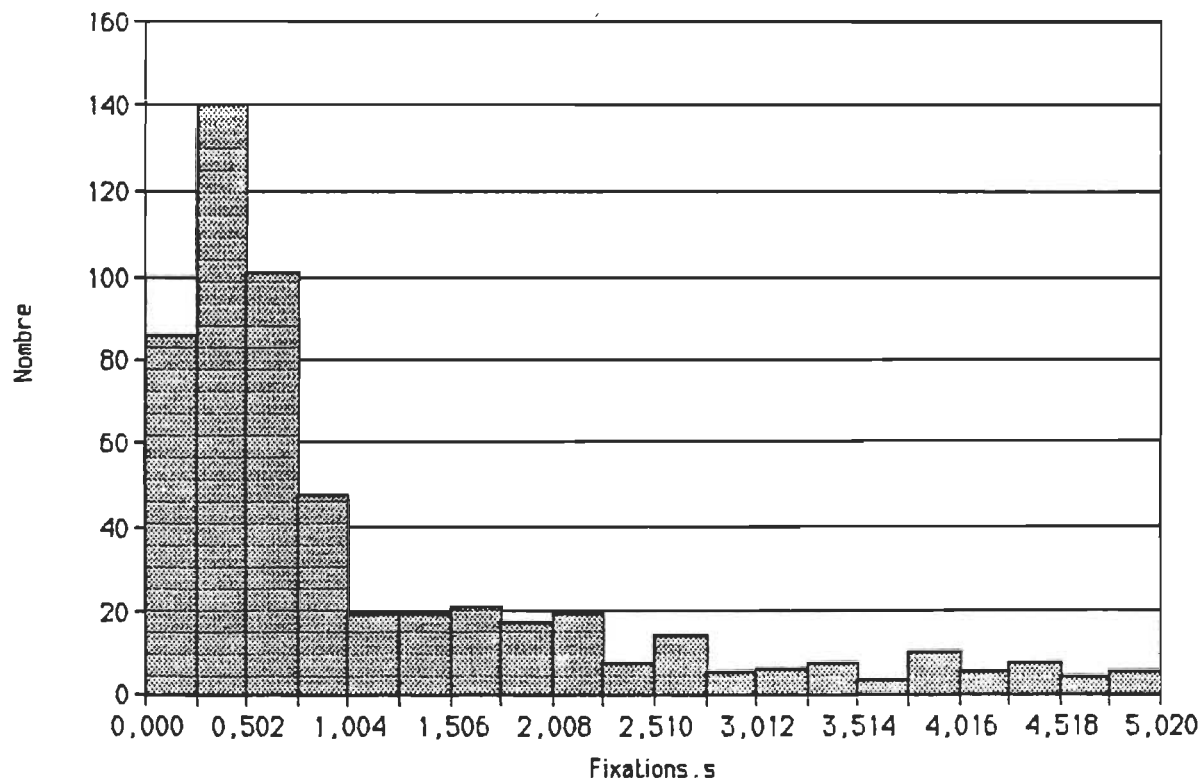
Variable: Fixations.s Observations: 543

Minimum: 0,06	Maximum: 5,01
Etendue: 4,95	Médiane: 0,60

Moyenne: 1,07	Erreur-type: 0,05
---------------	-------------------

Variance:	1,23
Ecart-type:	1,11
Coefficient de variation:	103,95

Coefficient d'assymétrie: 1,73 Kurtose: 2,27



prise d'information par l'individu. Le sujet dyslexique, éprouvant de la difficulté à lire, aurait besoin d'une plus longue période de prise d'information et peut-être également d'assimilation de cette information. De plus le nombre des fixations effectuées par les sujets dyslexiques est "forcément" plus important que celui des sujets normaux puisqu'à chaque saccade de progression ou de régression correspond une fixation, les saccades servant de véhicule oculaire pour permettre une fixation sur une nouvelle parcelle de texte.

Saccades de régressions

Nous en venons enfin aux saccades de régressions qui, selon notre définition, sont des saccades de vérification qui effectuent un mouvement de retour sur le texte déjà parcouru et qu'on suppose être une vérification ou un retour causé par une incompréhension.

On remarque, sur les figures 13 et 14 que les histogrammes, sur l'axe des X, sont des échelles négatives puisque les saccades sont produites en sens contraire des saccades de progressions.

Figure 13

Distribution des amplitudes , en degrés, des régressions des sujets normaux.

Fichier des données:

Variable: Amli.IR (°) Observations: 49

Minimum: -8,19 Maximum: -0,14

Etendue: 8,05 Médiane: -0,88

Moyenne: -1,24 Erreur-type: 0,19

Variance: 1,70

Ecart-type: 1,30

Coefficient de variation: -104,62

Coefficient d'asymétrie: -3,24 Kurtose: 14,01

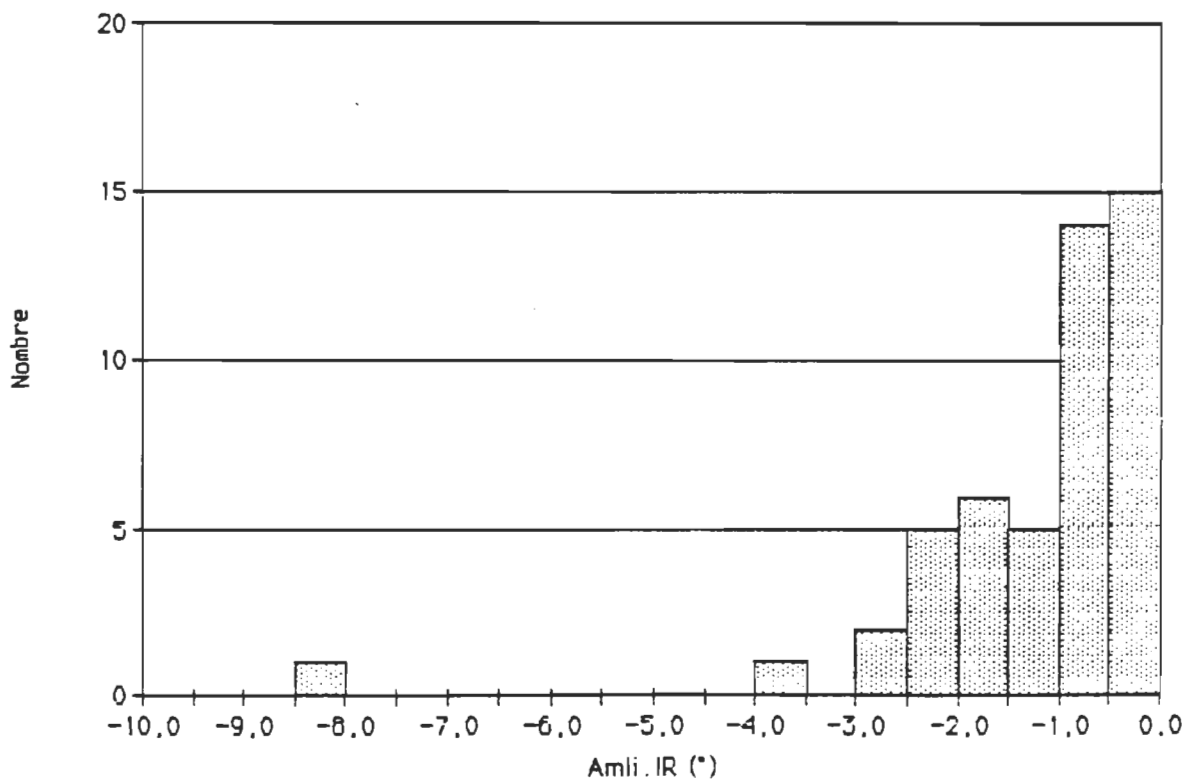


Figure 14

Distribution des amplitudes, en degrés, des régressions des sujets dyslexiques.

Fichier des données:

Variable: Ampli.IR (°) Observations: 144

Minimum: -8,02 Maximum: -0,18

Etendue: 7,84 Médiane: -0,67

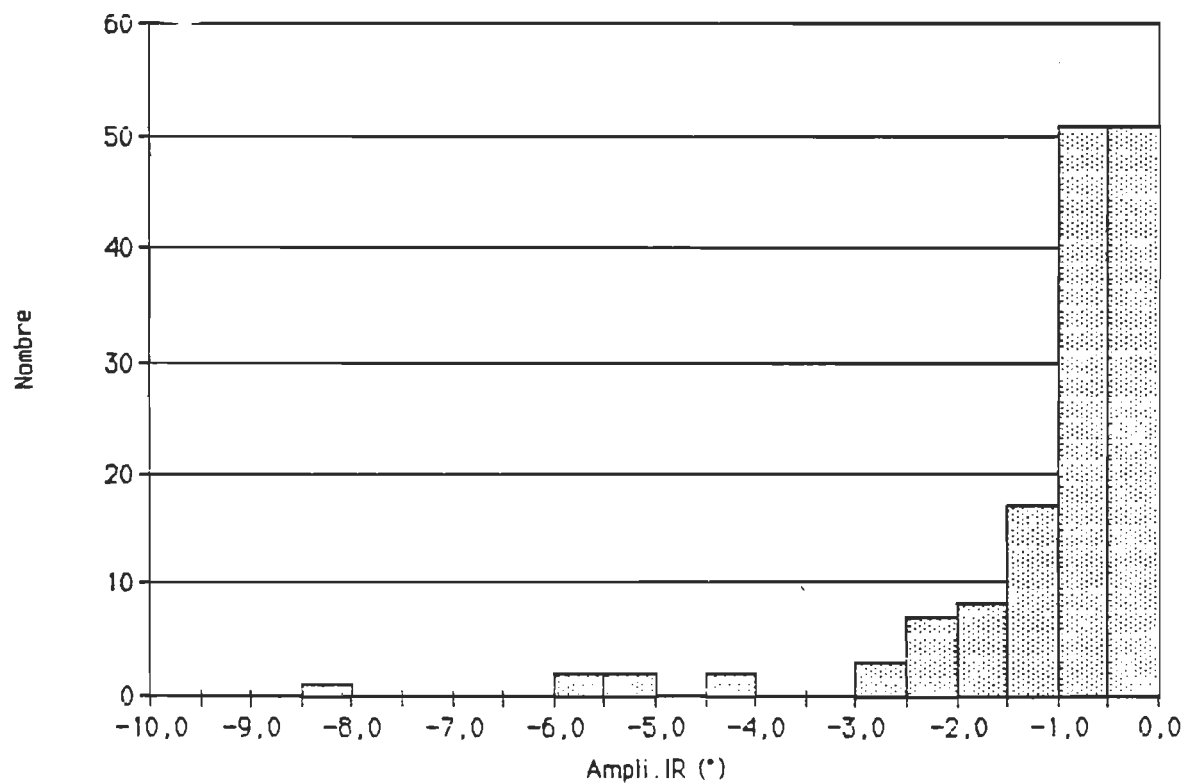
Moyenne: -1,06 Erreur-type: 0,10

Variance: 1,42

Ecart-type: 1,19

Coefficient de variation: -112,24

Coefficient d'assymétrie: -3,15 Kurtose: 11,60



La moyenne des amplitudes des régressions du groupe contrôle à la figure 13 est de -1,24 degré avec un écart-type de 1,30 degré, expliquable par la présence de régressions de grandes amplitudes situées plus loin sur l'axe des X. On peut donc considérer la concentration des valeurs sur l'histogramme entre 0,0 et -3,0 degrés comme étant les régressions de lecture. Les saccades de plus grande amplitude, qu'on voit sur l'histogramme, représentent en fait une difficulté dans le retour à la ligne.

L'amplitude des régressions effectuées par le groupe de sujets dyslexiques (figure 14) a une moyenne de -1,06 degré avec un écart-type de 1,19 degré. On réalise que l'amplitude des régressions effectuées par le groupe contrôle n'est pas significativement différente de l'amplitude des régressions effectuées par le groupe expérimental car le test-T de Student effectué sur les deux distributions (tableau 4) nous donne :

$T \text{ (DL 191)} = -0,91 ; p = 0,364$ il n'atteint pas le seuil de 0,05.

Nous trouvons à la figure 15, la distribution de la vitesse maximale atteinte lors des saccades de régression. La moyenne de la distribution du groupe de sujets d'enfants "normaux" est de 19,93 degrés par seconde avec un écart-type de 17,76. A la figure 16 nous avons celle du groupe d'enfants

Tableau 4

Test-T de Student sur l'amplitude des saccades de régressions des sujets normaux et des sujets dyslexiques.

Variable:	normaux	dyslexiques
Moyenne:	-1,24	-1,06
Ecart-type:	1,30	1,19
Observations:	49	144
test-t:	-0,91	Hypothèses:
Degrés de liberté:	191	Ho: $\mu_1 = \mu_2$
Signification:	0,364	Ha: $\mu_1 \neq \mu_2$

Tableau 5

Test-t de Student sur la vitesse maximale atteinte des saccades de régression des sujets dyslexiques et des sujets normaux.

Variable:	dyslexiques	normaux
Moyenne:	16,21	19,93
Ecart-type:	14,11	17,76
Observations:	144	49
test-t:	-1,49	Hypothèses:
Degrés de liberté:	191	Ho: $\mu_1 = \mu_2$
Signification:	0,138	Ha: $\mu_1 \neq \mu_2$

Figure 15

Distribution des vitesses maximales atteintes, en degrés par seconde, des régressions des sujets normaux.

Fichier des données:

Variable: Vitesse.IR (°/s Observations: 49

Minimum: 3,70	Maximum: 111,90
Etendue: 108,20	Médiane: 16,80

Moyenne: 19,93	Erreur-type: 2,54
----------------	-------------------

Variance:	315,29
Ecart-type:	17,76
Coefficient de variation:	89,07

Coefficient d'assymétrie: 2,99 Kurtose: 12,25

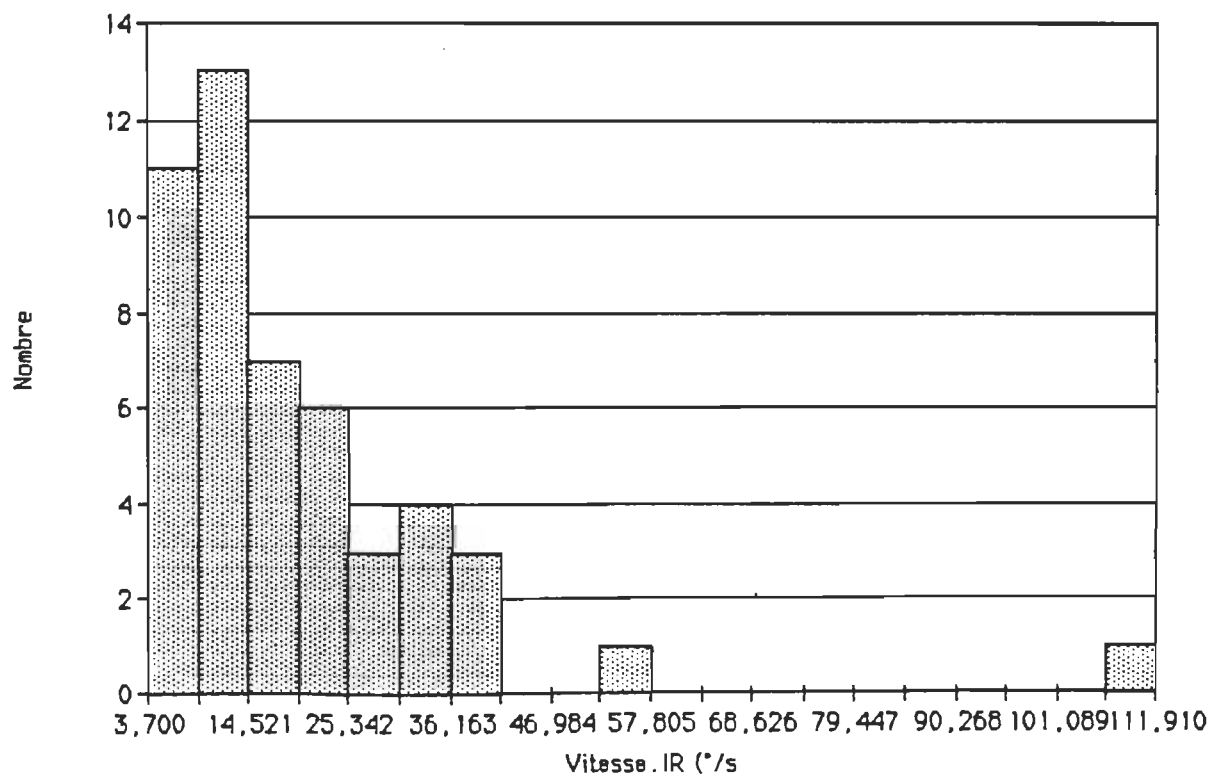


Figure 16

Distribution des vitesses maximales atteintes, en degrés par seconde, des régressions des sujets dyslexiques.

Fichier des données:

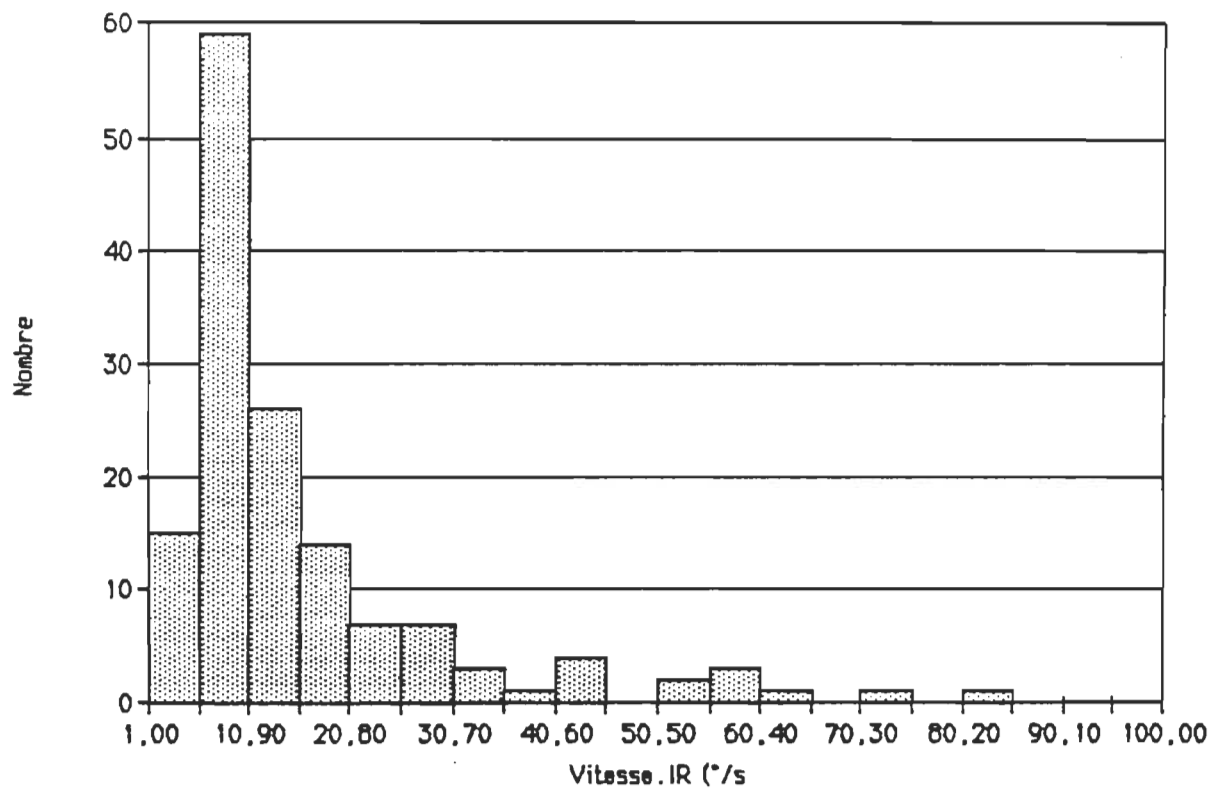
Variable: Vitesse.IR (°/s Observations: 144

Minimum: 3,70	Maximum: 84,15
Etendue: 80,45	Médiane: 10,80

Moyenne: 16,21	Erreur-type: 1,18
----------------	-------------------

Variance:	199,23
Ecart-type:	14,11
Coefficient de variation:	87,09

Coefficient d'assymétrie: 2,34 Kurtose: 5,81



dyslexiques qui obtient une moyenne de 16,21 avec un écart-type de 14,11. En comparant les deux groupes de données avec un Test-T de Student ($T (DL 191) = -1,49 ; p = 0,138$) nous constatons que les vitesses maximales atteintes lors des saccades de régression ne sont pas significativement différentes d'un groupe à l'autre (tableau 5).

Finalement nous avons comparé la durée des saccades de régression effectuées par les deux groupes. A la figure 17, nous obtenons les résultats du groupe contrôle. La moyenne de la durée de leurs saccades de régression est de 79,39 millisecondes avec un écart-type de 24,19 millisecondes. Le groupe des sujets dyslexiques (figure 18) obtiennent une durée moyenne de 70,66 millisecondes avec un écart-type de 56,04 millisecondes.

Tout comme l'amplitude et la vitesse maximale atteinte lors d'une saccade, la durée moyenne des régressions effectuées par les deux groupes n'est pas significativement différente (tableau 6) ($T (DL 191) = -1,06 ; p > 0,05$).

Nous avons constaté que nos sujets dyslexiques produisent une moyenne de 4.2 saccades de régression par lignes contre 1.2 saccades de régressions produites par les sujets normaux. Ce qui souligne l'importance de la différence entre le nombre des saccades de régression produites par les deux groupes.

Figure 17

Distribution des durées, en millisecondes, des régressions chez les sujets normaux.

Fichier des données:

Variable: Durée.IR (ms) Observations: 49

Minimum: 30,00 Maximum: 150,00

Etendue: 120,00 Médiane: 70,00

Moyenne: 79,39 Erreur-type: 3,46

Variancé: 585,03

Ecart-type: 24,19

Coefficient de variation: 30,47

Coefficient d'assymétrie: 0,55 Kurtose: 0,12

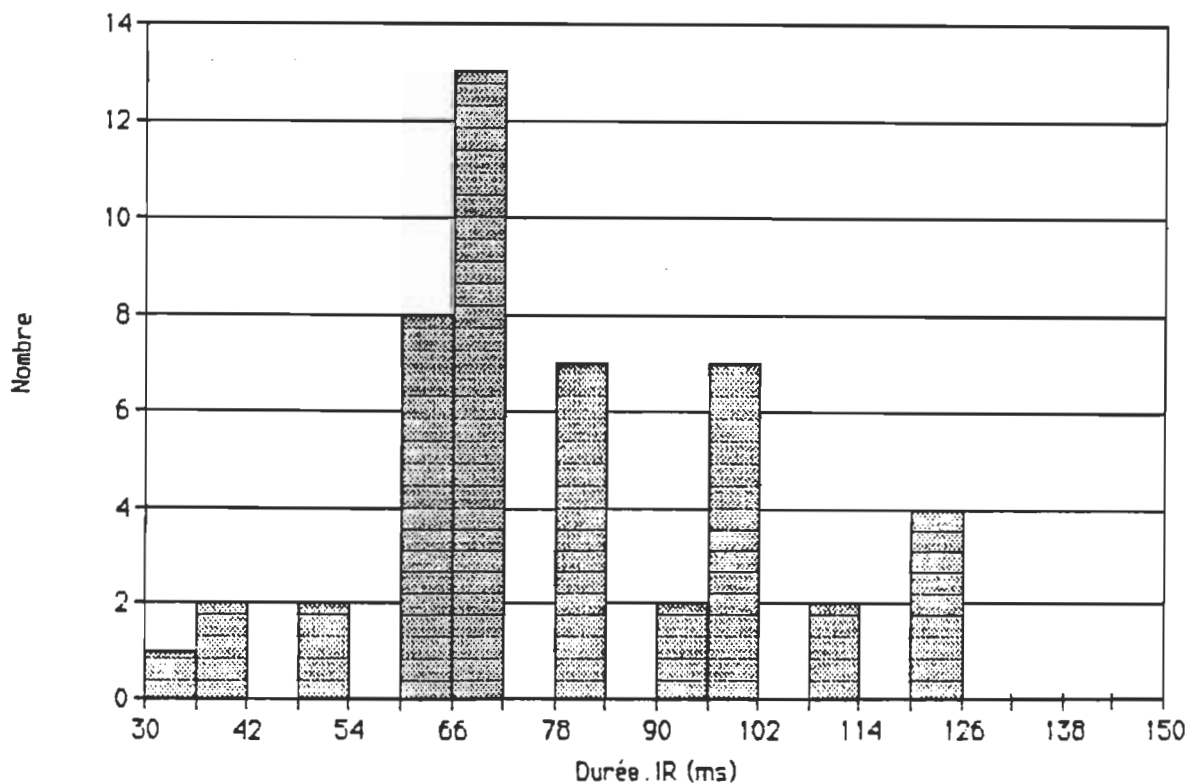


Figure 18

Distribution des durées, en millisecondes, des régressions chez les sujets dyslexiques.

Fichier des données:

Variable: Durée.IR (ms) Observations: 144

Minimum: 20,00 Maximum: 700,00

Etendue: 680,00 Médiane: 60,00

Moyenne: 70,66 Erreur-type: 4,67

Variance: 3140,30

Ecart-type: 56,04

Coefficient de variation: 79,31

Coefficient d'assymétrie: 9,83. Kurtose: 107,50

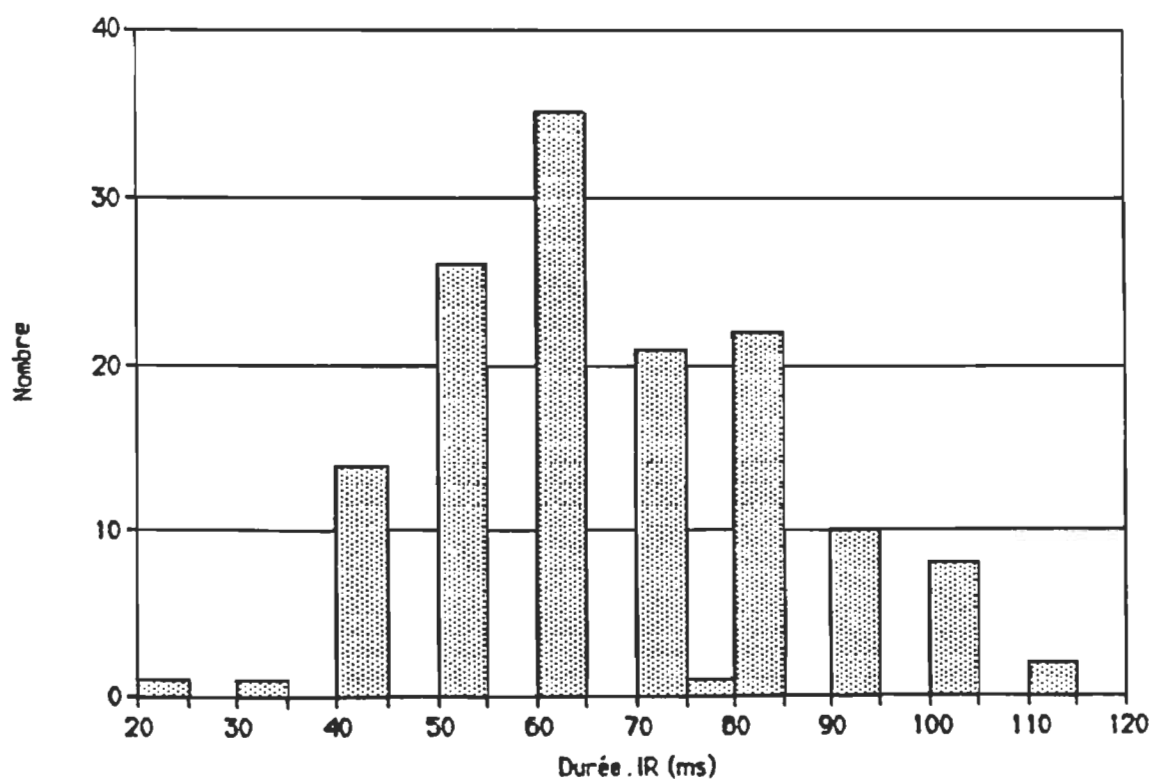


Tableau 6

Test-t de Student sur la durée des saccades de régression des sujets dyslexiques et des sujets normaux.

Fichier des données:

Echantillons indépendant...

Variable:	dyslexiques	normaux
Moyenne:	70,66	79,39
Ecart-type:	56,04	24,19
Observations:	144	49
test-t:	-1,06	Hypothèses:
Degrés de liberté:	191	Ho: $\mu_1 = \mu_2$
Signification:	0,292	Ha: $\mu_1 \neq \mu_2$

Chapitre IV

Discussion des résultats

Méthode de mesure

Notre discussion portera d'abord sur l'efficacité des instruments de mesure utilisés au cours de cette expérimentation.

Il est nécessaire de souligner que ces instruments de mesure sont tous deux utilisés fréquemment et reconnus comme fiables. Ce qui est particulier à cette recherche c'est leur utilisation pour un test de lecture.

Nous avons constaté au chapitre de l'analyse des résultats que les cellules photo-électriques à infra-rouge semblent constituer une meilleure technique de mesure en situation de lecture. Nous expliquons la disparité statistique entre les mesures par la présence accentuée du bruit de fond sur l'enregistrement des saccades effectuées à l'aide de l'électro-oculogramme. Ceci n'est pas dû à une mauvaise sensibilité de l'instrument, mais simplement à son mode d'enregistrement : soit une variation de potentiel, un signal biologique. Cette variation de potentiel provient effectivement de la polarisation rétinienne, qui est un signal faible, nous faisons face à un problème d'ordre de grandeur.

Les signaux produits par la dite polarisation rétinienne ne sont pas beaucoup plus importants, pour des petits mouvements oculaires que le bruit de fond biologique, à cause entre autres de la polarisation des muscles faciaux entourant l'oeil. Les saccades oculaires sont faussées ou difficiles à discriminer dans le bruit. Le problème est encore amplifié chez les sujets dyslexiques qui produisent des saccades plus réduites que celles des sujets "normaux". Dans notre expérimentation, les signaux enregistrés ont pu être diminués en amplitude par le fait que les sujets pouvaient bouger leur tête malgré l'appui du menton et la consigne qui leur était donnée.

Nous considérons donc à l'instar de Pavlidis (1985) que l'utilisation de l'électro-oculogramme, généralement employé par les auteurs dans un test de lecture, n'est pas à recommander et que la méthode des cellules photo électriques à infra-rouge semble nettement plus adéquate à cause de la petite taille des saccades produites et de la netteté du signal obtenu, avec un bruit de fond négligeable.

Caractéristiques essentielles des résultats obtenus

Forme du tracé :

La différence graphique entre les tracés oculaires obtenus (exemple appendice B), entre les groupes, est remarquable. Conformément à la description qu'on retrouve dans la littérature (Lesevre (1964), Rayner (1983) et Pavlidis (1983a), on constate un tracé régulier, en forme d'escalier produit par le groupe des sujets normaux, tandis que le groupe des sujets dyslexiques nous donne des tracés sans modèle précis et ne montrant pas de suite logique facile à mettre en relation avec le texte. La grandeur des saccades présentées par les sujets dyslexiques et la durée de leurs fixations sont très variables. Les régressions apparaissent souvent par groupes de deux ou plus, tandis que les régressions des lecteurs normaux surviennent une par une et sont plus rares. (Cuiffreda et al., 1976 ; Elterman et al., 1980 ; Griffin et al., 1974 ; Heiman et Ross, 1974 ; Pavlidis, 1978, 1979, 1981 a, b 1983 a, c ; Pirozzolo et Rayner 1978 ; Rubino et Minden, 1973 ; Zangwill et Blakemore, 1972).

Les tracés des sujets dyslexiques montrent souvent une difficulté lors des retours à la ligne. Au lieu d'une grande régression, on en trouve deux, plus grandes que celles rencontrées au milieu d'une page. Elles sont dues à la difficulté que le sujet dyslexique éprouve à mouvoir

correctement ses yeux, de la fin de la ligne au début de la suivante. Ceci représente une difficulté dans la programmation du mouvement ou dans son exécution.

Comme prévu, nos sujets normaux effectuaient de 7 à 11 saccades par ligne, et des régressions beaucoup moins nombreuses. Nos données concordent donc avec les données recueillies par Lévy-Schoen (1980).

Conformément aux données de Lesevre (1964) et Paulidis (1981 a, b) notre expérimentation nous montre que nos sujets dyslexiques ont effectué plus de saccades soit 889 et un plus grand nombre de fixations que les sujets contrôles qui ont produit 331 saccades.

Saccades oculaires

Progressions :

En comparant les données obtenues par chacun des groupes, on a constaté à l'aide des figures cinq et six déjà présentées, que les saccades produites par le groupe de sujets dyslexiques, lors des progressions sont plus petites que celles produites par les sujets du groupe contrôle. Cette constatation nous semble logique étant donné que le lecteur "normal" lit plus vite. Il peut procéder à une plus grande

"absorption" d'information au cours des fixations et, pour accéder à de "nouvelles" informations, il doit donc produire de plus grandes saccades. La vitesse et la durée des saccades étant directement proportionnelle à leur amplitude, il est normal qu'elles soient significativement plus petites et courtes dans le cas des saccades du groupe dyslexique comparativement à celles produites par le groupe de sujets normaux. L'enfant dyslexique ayant une capacité réduite d'absorption du texte qu'il lit, à cause de son problème général face au langage (Rayner 1983), produit de petites saccades de progression.

Fixations

Il est à remarquer que contrairement à la théorie de Lévy-Schoen (1980), c'est le groupe de sujets dyslexiques qui présente une plus grande dispersion de ses durées de fixation. Elle émettait l'hypothèse que les sujets les meilleurs, ici les sujets normaux, moduleraient la durée de leurs stations au cours de la lecture : "ils manifestent le comportement le moins rigide", il pourrait s'agir d'une flexibilité des temps de station ajustés au travail à effectuer" p.129. Cette hypothèse nous semble fondée si on l'applique aux saccades de progressions : plus il y aurait eu d'acquisition d'information; plus la saccade de progression serait grande en amplitude, en vitesse et en durée. Pour nous, la grande dispersion des

fixations des sujets en difficulté s'explique (ainsi que nous l'avons montré dans notre expérimentation) par le fait que la fixation serait le temps d'arrêt de l'oeil pendant lequel a lieu la prise d'information variant selon la difficulté éprouvée à déchiffrer le texte parcouru, sans rapport direct avec la quantité d'éléments absorbés. La fixation se mesure en durée. L'étendue du texte parcourue par les sujets dyslexiques, par fixation, est beaucoup plus courte que celle parcourue par les sujets "normaux". Le temps consacré au déchiffrement est beaucoup plus long chez le dyslexique que celui employé par le sujet normal.

Saccades de régressions

Lévy-Schoen (1980) écrit que ce qui différencie les sujets entre eux est surtout la fréquence des régressions. Pavlidis (1983) et Rayner (1983) nous donnent avec tableaux de données, une proportion, chez les dyslexiques, de 1,5 fois le nombre de régressions produites par les sujets du groupe contrôle. Dans notre groupe de sujets "normaux", nous obtenons une moyenne de 7 saccades de progressions pour 12.25 saccades de régressions. Ceci montre une proportion de 17% de saccades de régressions. Le groupe de sujets dyslexiques effectue une moyenne par sujet de 182 saccades de progressions pour une moyenne de 40.25 saccades de régressions, soit une proportion de 22 %. Ce qui concorde avec les résultats précédemment

mentionnés qui donnaient une approximation de 30 à 40 % de saccades de régression chez les sujets dyslexiques, comparée à 10 à 20 % de saccades de régression produites chez les sujets du groupe contrôle.

La proportion du nombre des régressions semble être un bon indicateur de la dyslexie. De plus, nous savons déjà que les saccades de régressions ne sont pas uniquement le produit d'une situation de lecture. Pavlidis (1978, 1979, 1981 a, 1981 b) nous montre qu'on les rencontre également dans d'autres tâches visuelles, telle l'observation d'image.

On note que les régressions semblent, d'un groupe à l'autre ne pas différer significativement en regard de leurs caractéristiques : l'amplitude, la vitesse maximale atteinte et la durée de ces saccades. Même si les régressions produites par les deux groupes sont statistiquement semblables au niveau de leurs paramètres, leurs positions et leurs grandeurs diffèrent à l'intérieur de leurs distributions propres. Les régressions des sujets normaux sont généralement plus petites que les saccades de progressions les précédant immédiatement. (Tinker 1958 et O'Regan 1979). Nous pouvons le constater dans notre expérimentation. Par contre les régressions produites par les dyslexiques sont souvent plus grandes en amplitude que les saccades les précédant. Ce qui signifierait que les dyslexiques

reviennent souvent sur tout l'espace parcouru au cours d'une saccade et même retournent à un point la précédant, quelle que soit la tâche.

De plus les régressions surviennent souvent en groupe de deux ou plus chez les dyslexiques (nos propres résultats et Pavlidis 1983a).

Les données recueillies

Nous accusons une différence entre nos résultats et ceux mentionnés dans la littérature en ce qui concerne l'amplitude des saccades mesurées au cours de la lecture. Nos comparaisons inter-groupes restent totalement valables, car les tests ont été effectués dans des conditions identiques pour les deux groupes.

Nous estimons que la différence entre nos résultats et ceux rapportés par Lévy-Schoen (1980), Pavlidis (1983c) et Rayner (1983) est principalement due, à l'âge de nos sujets en relation avec la fixité de la tête, en cours d'expérimentation. A l'intérieur du même laboratoire, parallèlement à notre expérimentation, Guylaine Bergeron, Geneviève Caron et Gina Tremblay ont effectué un test de lecture, dans les mêmes conditions et à l'aide des mêmes instruments que les nôtres sur des sujets normaux, adultes. Elles ont toutefois perfectionné le système de contention de la tête en ajoutant deux appuis

fronto-temporaux à la mentonnière que nous avons utilisé. Leurs résultats concordent avec ceux des auteurs ci-haut mentionnés. On trouve une copie de leurs résultats en appendice C. Nos propres résultats, conformément aux observations de Lloyd et Pavlidis (1978), Pavlidis (1983) présentent des saccades n'atteignant en moyenne que la moitié de l'amplitude de celles obtenues par les sujets adultes dans la littérature. Egalement, les fixations de nos sujets y compris celles des sujets normaux sont plus longues.

Nous attribuons en partie ces différences à l'âge des sujets en expérimentation. En effet, l'enfant encore faiblement expérimenté en lecture, effectue ses déplacements du regard, pour une part importante, à l'aide d'une rotation latérale de la tête qui accompagne les saccades en particulier les retours à la ligne. Lors des fixations, son inexpérience le retarde par rapport à l'adulte surexpérimenté. A mesure que la maturation de l'habilité du lecteur s'effectue, les yeux prennent en charge les déplacements du regard et la contribution de la tête devient plus négligeable. A. Laville et al. (1976) considèrent que l'enfant qui n'a pas encore acquis la maîtrise de l'espace objectif éprouve le besoin de se référer à son corps et ce serait pour cette raison qu'il bougerait davantage la tête que les sujets adultes. Il va même parfois jusqu'à accompagner sa lecture d'un mouvement de

l'index qui pointe le texte.

Comme nous cherchions à savoir s'il existe une différence inter-groupe entre les sujets contrôle et les sujets dyslexiques, d'après les saccades oculaires, nous étions contraints d'employer une méthode de limitation des mouvements céphaliques. Cependant, pour les raisons mentionnés ci-haut, et vérifiées en expérimentation par nous-mêmes et S. Netchine et al. (1981), il semble qu'il soit difficile, sinon impossible, d'obtenir l'immobilité de la tête, sur consigne ou même avec l'aide d'un support céphalique limité au menton. A. Berthoz (1974) mentionne que la tête participe aux déplacements des yeux à cause des liaisons privilégiées entre la proprioception et l'oculomotricité. Donc le biais expérimental introduit affecte peu la population adulte, mais a une forte incidence sur les résultats obtenus auprès des enfants. Les saccades oculaires mesurées sont plus petites que celles que nous aurions pu obtenir si nous avions réussi à immobiliser davantage la tête de nos sujets. Ce qui semble peu possible chez les enfants, même à l'aide d'un support céphalique Netchine et al. (1981). La difficulté à mesurer les saccades oculaires à l'aide de l'E.O.G peut provenir, en partie, de ce biais expérimental, provoquant une diminution importante, de l'amplitude des saccades oculaires déjà réduite chez les sujets dyslexiques.

Disparité du groupe de sujets dyslexiques

Pirozzolo (1979), Pollatsek (1983), Olson et al. (1984), parmi d'autres nous disent que nous commettons une erreur en considérant l'ensemble des sujets dyslexiques comme un groupe homogène. Ces trois auteurs, en particulier, divisent les dyslexiques en deux sous-groupes : celui qui aurait comme problème principal une déficience au niveau du langage et un deuxième sous-groupe qui éprouverait des difficultés visuo-spatiales.

Ces auteurs tentent d'expliquer la disparité des résultats entre les différentes expérimentations par cette division du groupe de sujets dyslexiques. Ils justifient le fait que certaines expérimentations ne présentent pas de différences significatives entre les groupes de sujets dyslexiques et les groupes de sujets contrôles, ni de saccades erratiques recueillies sur leurs tracés, en expliquant que la majorité des dyslexiques testés dans ces groupes était fortuitement composée par des gens dont la dyslexie était due à un déficit de langage. Dans le cas de la présence des saccades erratiques et de la différence significative inter-groupe, les sujets seraient majoritairement des gens ayant une dyslexie de type visuo-spatiale.

Cependant Smith et al. (1983) ont procédé à une analyse plus détaillée des difficultés de leurs sujets, ils indiquent qu'ils n'ont pas trouvé de différences phénotipiques entre les groupes. Ils n'ont trouvé que des différences de moyennes. Leurs résultats ne montrent que des modèles de forces et de faiblesses communes : des fautes spécifiques et des troubles associés au travers des difficultés éprouvées pour la lecture, dans la population dyslexique. Ils en déduisent que le groupe des sujets dyslexiques peut être considéré comme un seul groupe homogène avec la diversité d'une distribution des troubles associés. D'après les tracés oculaires que nous avons obtenus, nos sujets dyslexiques semblent faire partie d'un groupe homogène : leurs tracés sont erratiques, ils présentent un temps de lecture beaucoup plus long que les sujets "normaux", ils produisent environ 4 fois la quantité de régressions produites par les sujets normaux. Leurs difficultés à lire n'est pas égale d'un sujet dyslexique à l'autre, mais on ne trouve pas de tracé en forme d'escalier chez aucun de nos sujets dyslexiques. Il faut également se souvenir que nous avons utilisé l'I.R.

Sujets dyslexiques, sujets lents

Nous considérons, d'après les critères utilisés et les tracés obtenus que notre groupe de sujets dyslexiques est effectivement représentatif de cette population. Nous regrettons cependant le fait que nous n'ayons pas eu à notre disposition de groupe de lecteur lent avec lequel il aurait été intéressant de comparer nos données.

Conclusion

Cette étude se proposait de comparer deux techniques de mesure des mouvements oculaires pour, éventuellement, conduire à l'élaboration d'un test de dyslexie.

En ce qui à trait aux techniques de mesures elles-mêmes, nous avons constaté que l'électro-oculogramme nécessite de la part de l'expérimentateur, la pratique d'un entraînement pour apprendre à manipuler les électrodes avec efficacité. L'infra-rouge demande de la dextérité pour positionner correctement les cellules vis-à-vis de l'oeil, cependant l'apprentissage est nettement plus court.

Le mode d'enregistrement de l'E.O.G et sa sensibilité font qu'il enregistre beaucoup de parasites qui rendent les tracés de petite envergure, comme un relevé de lecture chez les sujets dyslexiques, difficiles à interpréter. De plus cet instrument a tendance à dériver. Les tracés des lunettes à cellules photo-électriques à infra-rouge ne semblent pas présenter de bruit. Finalement, les lunettes sont lourdes et le sujet peut devenir incommodé par leur poids.

Après avoir comparé statistiquement les résultats obtenus par les deux instruments, nous constatons que les

lunettes à cellules photo-électriques à infra-rouge semblent être un instrument plus adéquat pour mesurer les mouvements oculaires au cours d'un exercice tel que la lecture.

Nous nous proposons également de comparer les tracés des saccades oculaires des sujets dyslexiques avec ceux des sujets contrôle, dans l'espoir de constater des différences significatives entre les données des deux groupes. Nous constatons une augmentation importante de la durée totale de lecture pour une même longueur de texte, chez les sujets dyslexiques par rapport aux sujets normaux. Les sujets dyslexiques lisent plus lentement parce qu'ils produisent plus de saccades oculaires à cause de leurs difficultés et de la faible amplitude de leurs saccades. Leurs saccades de progression sont significativement de moindre amplitude, plus lentes, et de moindre durée. Leurs fixations sont très significativement de plus longue durée que celles des sujets contrôles. Les régressions de deux groupes ne sont pas significativement différentes, ce qui signifie que les régressions des sujets dyslexiques sont souvent plus grandes que les progressions des mêmes sujets. Elles arrivent souvent par groupes de deux, alors que les rares régressions des sujets normaux arrivent une à une. Le nombre de régressions est proportionnellement plus important chez les dyslexiques, c'est le paramètre distinctif des sujets dyslexiques. Nous

constatons également que les tracés des sujets dyslexiques sont dissymétriques alors que ceux des sujets normaux sont en forme d'escalier.

Nos résultats sont donc en accord avec ceux rapportés par Gilbert (1953), Griffin et al. (1974), Lesevre (1968), Pavlidis (1978, 1981 a, 1981 b, 1983 a, 1983 b) et Rayner (1983) : les saccades oculaires produites par les sujets dyslexiques sont significativement différentes de celles produites par les sujets normaux.

La population dyslexique est importante au sein de la communauté scolaire, cependant, la proportion identifiée est minime par rapport au nombre réel d'individus atteints. Ce fait étant probablement dû à la complexité du problème et du peu de résultats qu'on obtient généralement avec les individus traités. Un psychologue scolaire nous a déclaré récemment qu'il n'identifiait pas les individus qu'il diagnostiquait comme dyslexiques car il assistait à une démission des intervenants dans un tel cas. Ainsi, le recrutement des sujets expérimentaux fut ardu et nous avons dû nous limiter à quatre dyslexiques.

Il est important de comprendre que le désordre affectif et le trouble du comportement sont, quatre fois sur cinq (Debray-Ritzen, 1981), postérieurs à l'apprentissage de la lecture, quand il ne devient pas turbulent, le dyslexique se replie sur lui-même. Ces désordres sont donc d'ordre réactionnel et non causal, ils ne peuvent pas expliquer la

dyslexie. Egalement, Debray Ritzen (1981) écrit que la "dyslexie ...apparaît quelque soit la méthode d'apprentissage" (p.15) de la lecture.

L'entraînement est susceptible de permettre, au cerveau d'un sujet dyslexique, l'établissement de mécanismes de compensation applanissant ses difficultés de lecture (Fisher 1981).

L'enfant devra par une batterie d'exercices d'analyse visuels, auditifs, verbaux et de synthèse, acquérir progressivement l'ensemble des capacités pouvant réduire les troubles associés.

Cependant une baisse de vigilance due, par exemple, à la fatigue, permettra toujours aux troubles associés de ressurgir.

Naturellement, la rapidité de l'intervention adéquate est un élément important d'amélioration du pronostic. De celui-ci dépend également l'importance du déficit. Un adolescent qui a accumulé six ans d'échecs, qui établit des points de repères erronés, a de moins bonne chance de rattrapage complet.

Nous considérons avec Mucchielli et Bourcier (1971), que la rééducation idéale se fait individuellement puis en

groupe afin de favoriser la réinsertion socio-scolaire. Réinsertion dont la réussite est une condition pour une rééducation effective.

Il faut d'abord déconditionner l'enfant que les innombrables échecs ont conditionné négativement, soit à propos de la lecture, de l'écriture, de sa confiance en soi ou de ses relations sociales. Il s'agira d'atteindre un stade où le passé est assumé. (Leunen, 1982)

L'enfant apprendra ensuite un nouveau système de repérage dont il sera lui-même le centre, quelque soit sa position et ainsi pourra en développer l'extension indéfinie.

Il sera très important de considérer l'âge et le caractère de l'enfant. Ainsi, si l'enfant en est encore au niveau du stade des opérations , on lui donnera pour l'apprentissage de la lecture, des lettres à manipuler. Egalement, un enfant de dix ans se sera déjà organisé des compensations dans sa spatialisation et dans sa temporalité qu'il ne s'agira pas de détruire. Les adolescents critiquent et mettent en doute, ils ne pourront accepter une méthode faite d'automatismes. Ils accepteront mieux l'acquisition d'automatismes s'ils peuvent discuter de leurs méthodes.

Toutes les méthodes recherchent l'automatisation.

Elle sera obtenue par la pratique de séries à contenus analogiques.

Avant huit ou dix ans, on devra commencer par des séries orales (Borel-Maisonny, 1974). On passera ensuite aux séries écrites. Afin de supprimer l'ambiguïté perpétuelle dans laquelle vit le dyslexique, on doit ne travailler qu'une seule difficulté à la fois pour organiser les connaissances, installer les automatismes.

Nous mentionnons également la méthode Bourdesoules (1982) qui désire réconcilier l'abstrait de l'écriture avec le concret de tous les jours, en associant des histoires à chaque lettre. A l'aide de ses histoires et de ses dessins mnémotechniques il semble obtenir d'excellents résultats contre la dyslexie.

Nous ne mentionnons ici que quelques méthodes de rééducation de la dyslexie. Ces méthodes réussissent dans une certaine proportion, en regard de la difficulté du sujet et de l'efficacité du professeur à aider le dyslexique. Ces méthodes s'appliquent, avec un certain succès au symptôme qu'est la dyslexie. A notre avis elles ne traitent pas la racine du problème qui est physiologique. Nous ne prévoyons donc pas de changement, au niveau oculaire, du genre de tracé qu'un dyslexique adulte pourrait produire, même une fois devenu un lecteur efficace. Ce qui d'ailleurs serait intéressant de

vérifier, chez les sujets adultes devenus fonctionnels.

Egalement en notant que nous avons trouvé une différence significative entre les résultats des groupes comparés, il serait possible de penser à l'établissement d'un test pour des enfants d'âge pré-scolaire. Ce test pourrait être non-significatif : sans texte, ni lettre et être séquentiel, il devrait également être testé à l'aide de la méthode utilisant les lunettes à infra-rouge. Il nous deviendrait peut-être même possible de provoquer l'établissement des mécanismes de compensation nécessaires à l'apprentissage de la lecture avant l'entrée à l'école du dyslexique, lui évitant toutes les difficultés scolaires et affectives consécutives à la dyslexie.

Appendice A

Résultats du test de l'Alouette chez les sujets dyslexiques

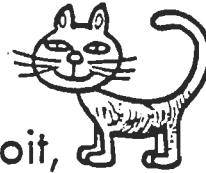
sujet dyslexique

Sujet # I -fille,

123 mots- 37 incorrections

Âge réel: 12 ans, 8 mois calcul: 6 ans 10 mois

L'alouette.



Sous la mousse ou sur le toit,
dans les haies vives ou le chêne fourchu,
le printemps a mis ses nids.
Le printemps a nids au bois.



Annie amie, du renouveau, c'est le doux temps.
Amie Annie, au bois joli gamine le pinson.
Dans les buis, gîte une biche, au bois chantant.
Annie, Annie! au doigt joli, une églantine laisse du sang :
au bout du temps des féeries viendra l'enqui.



L'alouette fait ses jeux; alouette fait un nœud avec un rien de paille.
L'hirondeau piaille sous la pente des bardeaux et, vif et gai, le geai
sur l'écaille argentée du bouleau, promène un brin d'osier.



Au verger, dans le soleil matinal, goutte une pomme dégelée.
On voit un bec luisant qui trille éperdument des notes d'air.
et, dans les pampres d'or que suspend la grille antique,
on surprend des rixes de moineaux.
Au potager s'alignent les cordeaux; l'if est triste à l'horizon
et lourd et lent l'envol des corbeaux.



Un lac étire ses calmes rives et, quand le soir descend,
le miroir de ses eaux reflète les poisons des brignoles perfides.
Et, quand descend le soir, quand joue la pourpre du couchant,
le ciel rougit ses eaux.
Dans la moire de l'eau danse l'ombre d'un écueil.
Tout est cris! Tout est bruits!



Une amarre est décochée... une barque est arrimée... des matelots
jettent leurs cossettes sur le rivage...
Tout est cris! Tout est bruits!

Au clair de la lune mon ami Pierrot...
Au clair de lune mon amie annie...



Au clair de la lune mon ami Pierrot, prête-moi la plume pour écrire un mot.

o u e i a

le la les un dans des do ti pu mi

sujet dyslexique

Sujet #2 - garçon

118 mots - 29 incorrections

Âge réel: 9 ans, 1 mois calcul: 7 ans

L'alouette.



Sous la mousse ou sur le toit,
dans les haies vives ou le chêne fourchu,
le printemps a mis ses nids.
Le printemps a nids au bois.



Annie amie, du renouveau, c'est le doux temps.
Amie Annie, au bois joli gamine le pinson.
Dans les buis, gîte une biche, au bois chantant.
Annie, Annie! au doigt joli, une églantine laisse du sang :
au bout du temps des féeries viendra l'ennui.



L'alouette fait ses jeux; alouette fait un nasud avec un rien de paille.
L'hirondeau piaille sous la pente des bordéaux et, vif et gai, le geai
sur l'écaille argentée du bouleau, promène un brin d'osier.
Au verger, dans le soleil matinal, goutte une pompe dégelée.
On voit un bec luisant qui trille éperdument des nates claires
et, dans les pampres d'or que suspend la grille antique,
on surprend des rixes de moineaux.
Au potager s'alignent les cordeaux; l'if est triste à l'horizon
et lourd et lent l'envol des corbeaux.

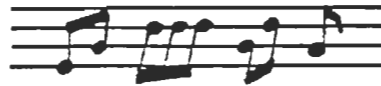


Un lac étire ses calmes rives et, quand le soir descend,
le miroir de ses eaux reflète les poisons des brignoles perfides.
Et, quand descend le soir, quand joue la pourpre du couchant,
le ciel rougit ses eaux.
Dans la moire de l'eau danse l'ombre d'un écueil.
Tout est cris! Tout est bruits!



Une amarre est décochée... une borque est arrimée... des matelots
jettent leurs cassettes sur le rivage...
Tout est cris! Tout est bruits!

Au clair de la lune mon ami Pierrot...
Au clair de lune mon amie annie...



Au clair de la lune mon ami Pierrot, prête-moi la plume pour écrire un mot.

o u e i a

le la les un dans des do ti pu mi

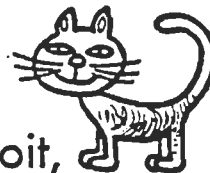
sujet dyslexique

Sujet #3 - fille

87 mots - 8 incorrections

Âge réel: 13 ans 4 mois calcul: 6 ans 11 mois

L'alouette.



Sous la mousse ou sur le toit,
dans les haies vives ou le chêne fourchu,
le printemps a mis ses nids.
Le printemps a nids au bois.

fourchu



Annie amie, du renouveau, c'est le doux temps.

Amie Annie, au bois joli gamine le pinson.

Dans les buis, gîte une biche, au bois chantant.

Annie, Annie! au doigt joli, une églantine laisse du sang :

au bout du temps des fêtes viendra l'ennui.



L'alouette fait ses jeux; alouette fait un nœud avec un rien de paille.

L'hirondeau/piaille sous la pente des bardeaux et, vif et gai, le gedi

sur l'écaille argentée du bauleau, promène un brin d'osier.

Au verger, dans le soleil matinal, goutte une pompe dégelée.

On voit un bec luisant qui trille éperdument des notes claires

et, dans les pampres d'or que suspend la grille antique,

on surprend des rixes de moineaux.

Au potager s'alignent les cordeaux; l'if est triste à l'horizon

et lourd et lent l'envol des corbeaux.



Un lac étire ses calmes rives et, quand le soir descend,
le miroir de ses eaux reflète les poisons des brignoles perfides.
Et, quand descend le soir, quand joue la pourpre du couchant,
le ciel rougit ses eaux.

Dans la moire de l'eau danse l'ombre d'un écueil.

Tout est cris! Tout est bruits!



Une amarre est décochée... une barque est arrimée... des matelots

jettent leurs cassettes sur le rivage...

Tout est cris! Tout est bruits!

Au clair de la lune mon ami Pierrot...

Au clair de lune mon amie annie...

Au clair de la lune mon ami Pierrot, prête-moi la plume pour écrire un mot.



o u e i a

le la les un dans des do ti pu mi

sujet dyslexique

Sujet #4 - garçon,

204 mots- 35 incorrections

Age réel: 12 ans, 5 mois calcul: 7 ans, 8 mois

L'alouette.



Sous la mousse ou sur le toit,
dans les haies vives ou le chêne fourchu,
le printemps a mis ses nids.
Le printemps a nids au bois.



Annie amie, du renouveau, c'est le doux temps.
Amie Annie, au bois joli gomme le pinson.
Dans les buis, gîte une biche, au bois chantant.
Annie, Annie! au doigt joli, une églantine laisse du sang :
au bout du temps des féeries viendra l'ennui.



L'alouette fait ses jeux; alouette fait un nœud avec un rien de paille.
L'hirondeau piaille sous la pente des bardeaux et, vif et gai, le geai
sur l'écaille argentée du bouleau, promène un brin d'osier.

Au verger, dans le soleil matinal, goutte une pompe dégelée.

On voit un bec luisant qui trille éperdument des notes claires
et, dans les pampres d'ar que suspend la grille antique,
on surprend des rixes de moineaux.

Au potager s'alignent les cordeaux; l'if est triste à l'horizon
et lourd et lent l'envok des corbeaux.



Un lac étire ses calmes rives et, quand le soir descend,
le miroir de ses eaux reflète les poisons des brignoles perfides.
Et, quand descend le soir, quand joue la pourpre du couchant,
le ciel rougit ses eaux.
Dans la moire de l'eau danse l'ombre d'un écueil.
Tout est cris! Tout est bruits!



Une amarre est décrochée... une barque est orrimée... des/ matelots
jettent leurs cassettes sur le rivage...

Tout est cris! Tout est bruits!

Au clair de la lune mon ami Pierrat...

Au clair de lune mon amie annie...

Au clair de la lune mon ami Pierrat, prête-moi la plume pour écrire un mot.



o u e i a

le la les un dans des do ti pu mi

Appendice B

Exemple d'un tracé oculaire d'un sujet dyslexique
et d'un sujet normal.

régression

retour
à la ligne

retour
à la ligne

progression

10°

1 sec.

Appendice C

Les résultats obtenus par le groupe Bergeron et Al.

Figure 19

Distribution des amplitudes en degrés des saccades de progression des auteurs Guylaine Bergeron, Geneviève Caron et Gina Tremblay.

Data File: Genevi.Stat

Variable: Aml.Prog.VR Observations: 597

Minimum: 1,19 Maximum: 24,57

Etendue: 23,38 Médiane: 8,70

Moyenne: 9,18 Erreur-type: 0,17

Variance: 18,06

Ecart-type: 4,25

Coefficient de variation: 46,28

Coefficient d'assymétrie: 0,56 Kurtose: 0,46

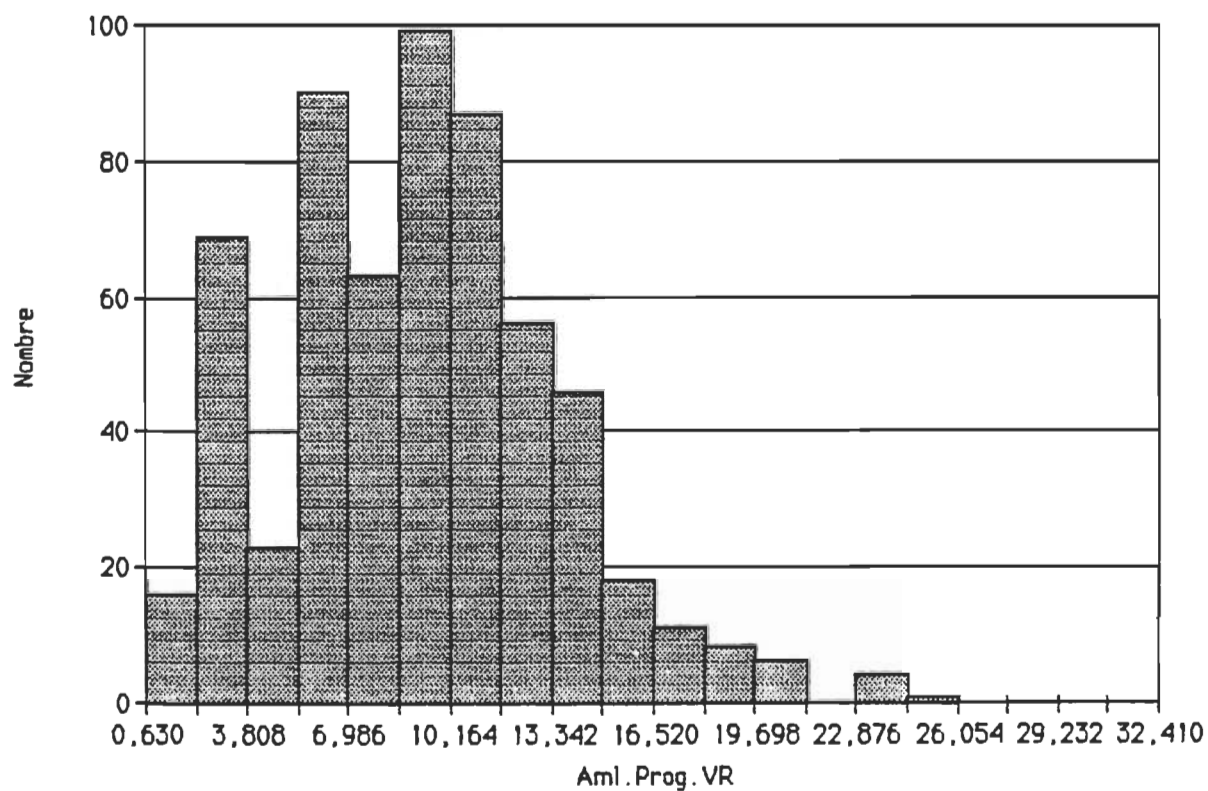


Figure 20

Distribution des durées des fixations en millisecondes
des auteurs Guylaine Bergeron, Geneviève Caron et Gina
Tremblay.

Fichier des données:

Variable: Durée.Fix.VR Observations: 750

Minimum: 0,040	Maximum: 0,620
Etendue: 0,580	Médiane: 0,200

Moyenne: 227	Erreur-type: 4,00
--------------	-------------------

Variance:	0,010
Ecart-type:	0,090
Coefficient de variation:	40,670

Coefficient d'assymétrie: 0,96 Kurtose: 1,28

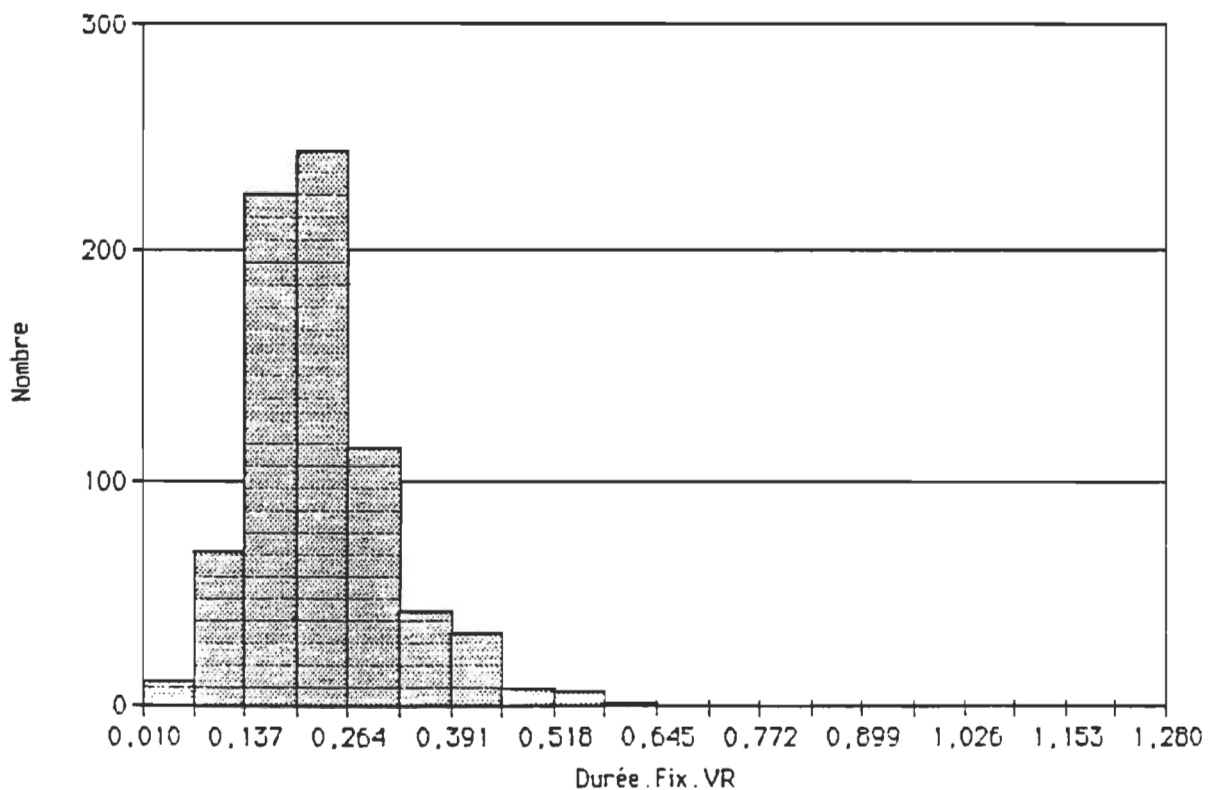


Figure 21

Distribution des amplitudes en degrés des saccades de régressions des auteurs Guylaine Bergeron, Geneviève Caron et Gina Tremblay.

Fichier des données:

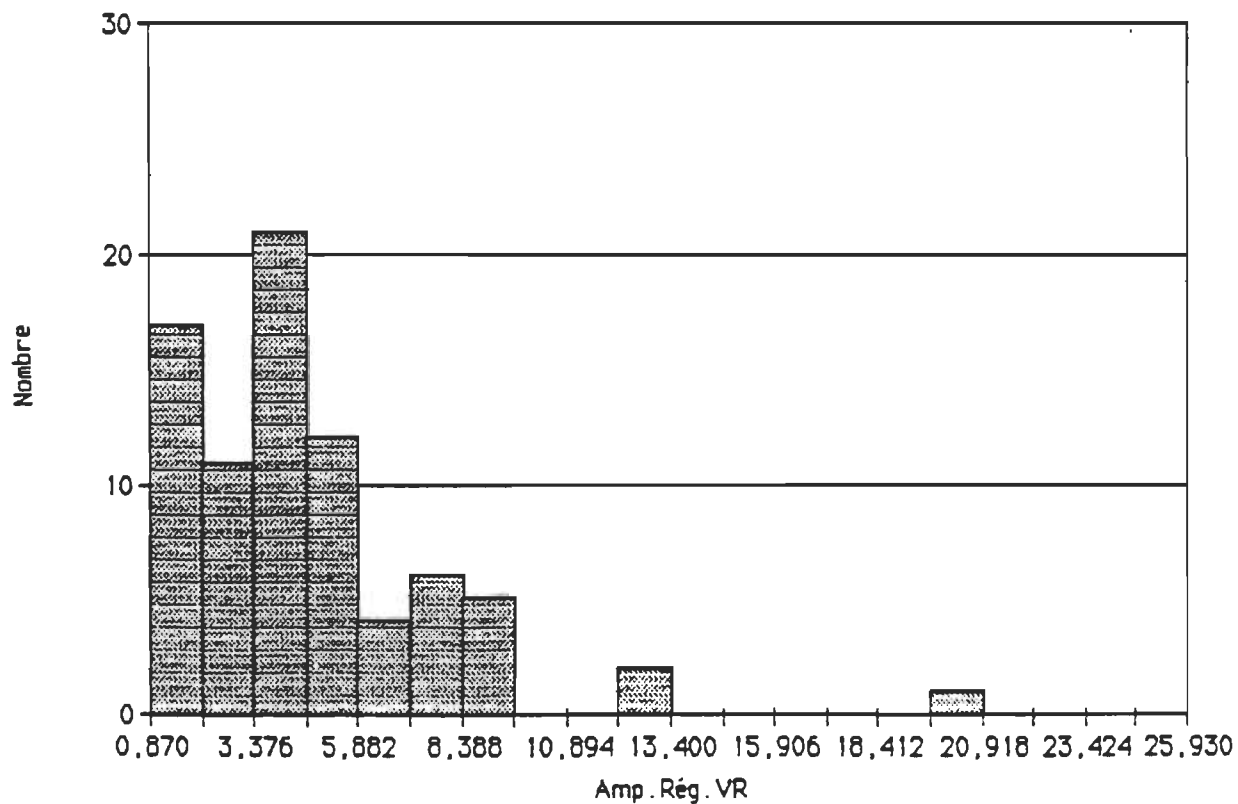
Variable: Amp.Rég.VR Observations: 79

Minimum: 0,91	Maximum: 19,80
Etendue: 18,89	Médiane: 3,64

Moyenne: 4,60	Erreur-type: 0,35
---------------	-------------------

Variance:	9,85
Ecart-type:	3,14
Coefficient de variation:	68,31

Coefficient d'assymétrie: 1,86 Kurtose: 5,56



Remerciements

L'auteure désire remercier son directeur de mémoire, monsieur Michel Volle, Ph. D., pour sa disponibilité et son assistance constante et éclairée. Egalemeht, elle veut exprimer sa reconnaissance à madame Guylaine Bergeron dont l'assistance constante fut une aide précieuse, et à monsieur Eric Michel qui a prêté main forte lors de l'expérimentation.

Enfin, l'auteure désire remercier madame Simone Borel-Maisonny qui a eu l'indulgence et la gentillesse de la recevoir et de l'admettre à une scéance de rééducation.

Références

AJURIAGUERRA, J. de, HECAN, H., (1960). Le cortex cérébral,
2e Edition. Paris : Masson.

ASCHOFF, J.C., (1973). Eye movements as an indication of
sensetivity. Information, 35, 29-33.

BAHILL, T., STARK, L.(1979). Les mouvements saccadés de
l'oeil. Pour la Science, 17, 96-118.

BAKKER, D.J., LICHT, R.,(1983). Learning to read : changing
horses, in mid-stream, in G.TH. PAVLIDIS et D.F. FISHER (Ed.) :
Dyslexia : its neuropsychology and treatment (pp. 87-96).
Chichester : John WILLEY.

BERKHAN, O., (1881) et VEBER die Worthblindheit, ein stammeln
ein sprechen und Schreiben, ein Fehl ein Lesen. Neur. 2.22.

BERTHOZ, A., (1974). Oculomotricité et proprioception. Revue
d'EEG et de neurophysiologie, 4, 569-586.

BLACK, J.L., COLLINS, J.N., DE ROACH, J.N., ZUBRICK, S.,
(1984). A detailed study of sequential saccadic eye movements
for normal and poor reading children. Perceptual and motor
skills, 59, 423-434.

BOURDESOULES, R.H., (1982). Vaincre la dyslexie par la méthode Bourdesoules, Marabout, no 500.

BOREL-MAISONNY, S., (1974). Méthode de lecture. Rééducation Orthophonique, 12. Paris : Association des Rééducateurs de la Parole et du Langage Oral et Ecrit. (no 79).

CHASSAGNY, C., (1972). La rééducation du langage écrit. Nérét.

CUIFFREDA, K.J., BAHILL, A.T., KENYON, R.V., STARK, L., (1976). Eye movements during reading : case reports. American Journal of Optometry and Physiological Optics, 53, 389-395.

DEBRAY-RITZEN, P., DEBRAY, F.J. (1979). Comment dépister une dyslexie chez le petit écolier ? Paris : Fernand Nathan.

DEBRAY-RITZEN, P., (1981). Avant propos. in Albin Michel (Eds): Les malheurs d'un enfant dyslexique (pp.9-17). Paris.

DEJERINE, J., (1981). Contribution à l'étude anatomo-clinique des différentes variétés de la cécité verbale. Mémoires de la société de biologie, 3, 197.

DIAMOND, M.C., (1984). Age, sex and environmental influences, in

GESCHWIND, N. et GALABURDA, A.M. (Ed): Cerebral dominance : the biological foundations, (pp.112-123). Harvard University Press.

DOLLE, P.M., (1977). Psychological-problems in parental guidance for deaf-children-restoring communication. Bulletin de psychologie. Vol 30, no 10-1, 477-479.

DREW, A. L., (1956). A neurological appraisal of familial congenital word-blindness. Brain, a journal of neurology, 79, Part III.

DUANE, D.D., (1983). Neurodiagnostic tools in dyslexic syndromes in children : pitfalls and proposed comparative study of computed tomography, nuclear magnetic resonance, and brain electrical activity mapping, in G.TH. PAVLIDIS et D.F. FISHER (Ed.) : Dyslexia : its neuropsychology and treatment (pp. 65-86). Chichester : John WILEY.

DVORAK, K., FEIT, L., (1977). Migration of neuroblast through partial necrosis of the cerebral cortex in newborn rats. Acta Neuropathologica, 38, 203-212.

DVORAK, K., FEIT, L., JURANKOVA, Z., (1978). Experimentally induced focal micropolygyria and status verrucosus deformis in rats : Pathogenesis interrelation. Acta Neuropathologica, 44,

121-129.

ELTERMAN, R.D., ABEL, L.A., DAROFF, R.B., DELL OSSO, S.F., BORNSTEIN, J.L., (1980). Eye movement patterns in dyslexic children. Journal of learning Disabilities, 13, 16-21.

FISHER, D.F., MONTY, R.A., (1978). Eye movements and the higher psychological functions. New York : John W. SENDERS.

FISHER, D.F., (1981). Compensatory training for disabled readers, II: implementing and refining. Journal of learning disabilities, 14, 451-454.

GALABURDA, A.M., KEMPER, T.L., (1979). Cytoarchitectonic abnormalities in developmental dyslexia : a case study. Annals of Neurology, 6, 94-100.

GALABURDA, A.M., (1983). Animal studies and the neurology of developmental dyslexia, in G.TH. PAVLIDIS et D.F. FISHER (Ed.): Dyslexia : its neuropsychology and treatment (pp. 39-50). Chichester : John WILEY.

GALABURDA, A.M. (1985). La dyslexie et le développement du cerveau. La Recherche, 16, 762-769.

GELBERT, G. (1963). La lecture orale. Vues nouvelles sur la dyslexie linguistique et la psychologie de l'enfant. Vol.4. Fasc.2.

GESWIND, N., BEHAN, P., (1982). Left-handedness : association with immune disease, migraine and developmental learning disorder. Proceeding of National Academy of Science USA, 79, 5097-5100.

GILBERT, L.C. (1953). Functional motor efficiency of the eyes and its Relation to reading. University of California Publications in Education, 11, 159,231.

GOLDMAN, P.S., MENDELSON, M.J., (1977). Salutary effects of early experience on deficits caused by lesions of frontal association cortex in developing Rhesus-monkeys. Experimental neurology, 57, 588,602.

GRIFFIN, D.C., WALTER, H.N., IVES,V., (1974). Saccades as related to reading disorders. Journal of learning disabilities, 7, 310,316.

HALLGREEN, B.,(1950). Specific dyslexia (congenital word-blindness): a clinical and genetic study. Acta paediatrica

et neurologica scandinavica (supplementum), 65, 1-287.

HEIMAN, J.R., ROSS, A.O., (1974). Saccadic eye movements and reading difficulties. Journal of abnormal child psychology, 2, 52-61.

HINSHELWOOD, J., (1917). Congenital word-blindness. LONDON. H.K.LEWIS.

HOLZMAN, P.S., PROCTOR, L.R., LEWY, L.R., YASILLO, N.J., METTZER, H.Y., HURT, S.W., (1974). Eye-tracking dysfunctions in schizophrenic patients and their relatives. Archives of General Psychiatry, 31, 143-151.

KERR, J. (1987). School hygiene, in its mental moral and physical aspects. Howard medal prize essay, Journal royal statistical society, 60, 613-680.

KINSBOURNE, M. (1983). Models of dyslexia and its subtypes, in G.TH. PAVLIDIS et D.F. FISHER (Ed.) : Dyslexia : its neuropsychology and treatment (pp. 165-180). Chichester : John WILEY.

KOCHER, F. (Ed.) (1959). La rééducation des dyslexiques. Nouvelle encyclopédie pédagogique. Paris : Presses Universitaires de France.

KUSSMAUL, A., (1887). Les troubles de la parole. Traduction française de Paris 1884. Paris.

LAUNEY, C., (1960). L'hygiène mentale de l'écolier. Presse Universitaire de France.

LAVILLE, A., VADEL, J., NETCHINE, S., TEIGER, C., (1976). Constitutions de référencielles spatiaux dans une tâche perceptivo-motrice chez l'enfant et l'adulte. 21ème congrès international. Symposium "l'acquisition d'habilité motrice", Résumé, 10 pages.

LEFAVRAIS, P., (1963). Du diagnostic de la dyslexie à l'étude clinique de la lecture. Un nouvel instrument : le test "l'Alouette". Revue de psychologie appliquée, 13, 189-207.

LEFAVRAIS, P., (1965). Description, définition et mesure de la dyslexie. Utilisation du test "l'Alouette".
Revue de psychologie appliquée, 15(1), 33-44.

LEFAVRAIS, P., (1967). Manuel du test de l'Alouette.
Les éditions du centre de psychologie appliquée. Paris.

LEFAVRAIS, P., (1977). Description, définition et mesure de la

dyslexie. Psychopédagogie des disciplines scolaires, juin, 23-35.

LEISMAN, G., SCHWARTZ, J., (1978). Aetiological factors in dyslexia : saccadic eye movement control. Perceptual and motor skills, 47, 403-407.

LEUNEN, P. (1982). La dyslexie. Verviers : Marabout.

LESEVRE N., (1964). Les mouvements oculaires d'exploration : études électro-oculographique comparée d'enfants normaux et dyslexiques. Thèse de 3 cycles (mineo).

LESEVRE N., (1968). L'organisation du regard chez des enfants d'âge scolaire, lecteurs normaux et dyslexiques. Revue de neuro psychiatrie des enfants, 16, 323-349.

LEVY-SCHOEN, A. (1969). L'étude des mouvements oculaires. Paris : Dunod.

LEVY-SCHOEN, A. (1980). La flexibilité des saccades et des fixations au cours de la lecture. L'année psychologique, 80, 121-136.

LLOYD, P., PAULIDIS, G.TH., (1978). The relationship between

child language and eye movements : a developmental study.

Neuroscience Letters Supplement, 1, 248.

LURIA, A.R., (1973). The working Brain. New York : Basic Books.

MAISTRE, M. de (1974). Pour ou contre l'orthographe.

Paris : Universitaires 1974.

MATEJCEK, Z., STURMA, J. (1983). Langage structure, dyslexia, and remediation : the Czech perspective, in G.TH. PAVLIDIS et D.F. FISHER (Ed.): Dyslexia: its neuropsychology and treatment (pp. 203-214). Chichester : John WILEY.

MORGAN, W.P., (1896). A case of congenital word Blindness.

British medical journal, 2, 1378.

MUCCHIELLI, R., BOURCIER, A. (1971). La dyslexie maladie du siècle. Paris : Les éditions ESF.

NETCHINE, S., SOLOMON, M., GUIHOU, M.C. (1981). Composantes oculaires et céphaliques de l'organisation des déplacements du regard chez les jeunes lecteurs. Psychologie Française, 26, 111-124.

NOEL, J.M. (1976). La dyslexie en pratique éducative.

Paris : Doin Editeurs.

OLDFIELD, R.C., (1971). The assesment and analysis of handedness
The Edinburgh Inventory. Neuropsychologia, 9, 97-113.

OLSON, R.K., KIEGL, R., DAVIDSON. B.J., FOLTZ, G., (1984).
Individual and developmental differences in reading, in T.G.
WALLER (Ed), Reading research advances in theory and practice.
New York : Academic Press.

O'REAGAN, K., (1979). Saccade size control in reading :
evidence for the linguistic control hypothesis. Perception and
psychophysics, 25, 501-509.

ORTON, S.P., (1937). Reading, writng and speech problems in
children. A presentation of certains types of disorders in the
development of language faculty. New York : W.W. Norton.

PAVLIDIS, G.TH., (1978). The dyslexic's erratic eye movements,
case studies. Dyslexia Review, 1, 22-28.

PAVLIDIS, G.TH., (1979). How can dyslexia be objectively
diagnosed ? Reading, 13, 3-15.

PAVLIDIS, G.TH., (1981 a). Do eye movements hold back the key

to dyslexia ? Neuropsychologia, 19, 57-64.

PAVLIDIS, G.TH., (1981 b). Sequencing, eye movements and early objective diagnosis of dyslexia, in G.TH. PAUVLIDIS, et T.R. MILES (Eds.):

Dyslexia research and its applications to education.

Chischester : John WILEY.

PAVLIDIS, G.TH. (1983). The role of eye movements in the diagnosis of dyslexia, in G.TH. PAVLIDIS et D.F. FISHER (Ed.) : Dyslexia : its neuropsychology and treatment (pp. 97-110).

Chichester : John WILEY.

PAVLIDIS, G.TH. (1983 a). The "dyslexia syndrome" and its objective diagnosis by erratic eye movements, in Keith RAYNER (Ed.) : Eye movements in reading perceptual and language processes (pp. 441-466). New York.

PAVLIDIS, G.TH., (1983 c). Erratic eye movements in dyslexics: comments and reply to Stanley et Al.. British journal of psychology, 74, 189-193.

PAVLIDIS, G.TH., (1985). Erratic eye movements and dyslexia : factors determining their relationship. Perceptual and motor skills, 60, 319-322.

PLANTIER, G.,(1981). Les malheurs d'un enfant dyslexique.
Paris : Albin Michel.

PIAT-BAUDOT,J.,(1976).Organisation du regard et de la lecture, observation électro-oculographique et approche d'une méthode de rééducation d'enfants dyslexiques. Université de Nancy I, France.

PIROZZOLO, F.J., RAYNER, K.,(1978). The neutral control of E M in acquired and developmental reading disorder, in G. Avakian - Withaker and H.A. Whitaker (Eds.), Advances in neurolinguistics and psycholinguistics. New York : Academic Press.

PIROZZOLO, F.J.(1979). The Neuropsychology of developmental reading disorders. New York : Praeger.

POLLATSEK, A.,(1983). What can eye movements tell us about dyslexia ? In K. Rayner (Ed.). Eye movements in reading : perceptual and language processes. New York : Academic Press.

RAYNER, K. (1983). Eye movements and the perceptual span : evidence for dyslexic typology, in G.TH. PAVLIDIS et D.F. FISHER (Ed.) : Dyslexia: its neuropsychology and treatment (pp. 111-130). Chichester : John WILEY.

ROBINSON, D.A. (1981). Control of eye movements, in Verner BROOK (Ed.), American physiology society, Bethesda md, Handbook of physiology, (vol.2), Part 2, 1275-1320.

ROMERO, R., ESTANOL, B., LEE-KIM, M., ROMERO, O., MARTINEZ, A. (1982). Analysis of sequential saccadic eye movements during the act of reading : comparison between normal and dyslexics subjects. Achivo Investigation Medical, Mexico, 13, 185-189.

ROSS, A., O., (1973). The natural historic and electro-physiological characteristic of familial language disfunction in P. Satz and J.J. Ross (Ed.), The deasable learner : early detection and intervention. Rotterdam University Press.

ROUDINESCO, A., TRELAT, M., (1950). 40 cas de dyslexies d'évolution. Revue enfance. No de janvier et février.

RUBINO, C.A., MINDEN, H.A., (1973). An analysis of eye movements in children with a reading disability. Cortex, 9, 217-220.

SARAUX, H., BIAIS, B. (1983). Physiologie oculaire. Paris : Masson.

SMITH, S.D., GOLDBERG, D.E., PENNINGTON, B.F., KIMBERLING, J., LUBS, H.A. (1983). Analysis of subtypes of specific reading disability : genetic and cluster analytic approaches, in G.T.H. PAVLIDIS et D.F. FISHER (Ed.), Dyslexia : its neuropsychology and treatment (pp. 181-202). Chichester : John WILEY.

STATVIEW (1986). Brain Power. Calabas (Ed.). California.

STATWORKS (1985). Statistic et Cricket soft ware. Philadelphia.

TAJAN, A., VOLARD, R., (1971). Pourquoi des dyslexiques. Paris: Edition Payot.

TAYLOR, D.C., (1969). Learning disabilities. Lancet, 2, 140.

TINKER, M.A., (1958). Recent studies of eye movements in reading. Psychological Bulletin, 55, 215-231.

WALLIS, W.E. (1979). The neurology of reading disorders. Transaction of the ophtalmological societies of New Zealand, v.31.

WARRINGTON, E., ZANGWILL, O.L. (1957). A study of dyslexia. Journal of neurology, neurosurgery and psychiatry, 20, (No 3), 208-215.

WONG, B. (1979). The role of theory in learning disabilities research. Part II. A selective review of current theories of learning and reading disabilities. Journal of learning disabilities, 12, (No 10), 649-658.

WOODSON, W.E., CONOVER, D.W. (1978). Guide d'ergonomie.
Paris : les éditions d'organisation.

ZANGWILL, O.L., BLAKEMORE, C., (1972). Dyslexia : Reversal of eye movements during reading. Neuropsychologia, 10, 371-373.